



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbge>



Análise da Variabilidade dos Períodos Secos e Chuvosos da Precipitação Pluvial no Estado da Paraíba Utilizando o Índice Padronizado de Precipitação (IPP)

Edgleidson Lima Rodrigues¹, Francisco de Assis Salviano de Sousa², Renato Francisco Cândido Lopes³

¹Mestre em Meteorologia pelo Programa de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, CEP: 58109-970; Campina Grande - (PB), Brasil, edgleidsonrodrigues13@gmail.com (corresponding author). ²Professor Doutor, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, CEP: 58109-970; Campina Grande - (PB), Brasil, fsousa2011@gmail.com. ³Mestre em Meteorologia pelo Programa de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, CEP: 58109-970; Campina Grande - (PB), Brasil, renatomet2014.1@gmail.com

Artigo recebido em 29/04/2022 e aceito em 22/06/2022

RESUMO

O estado da Paraíba situada na região Nordeste do Brasil, apresenta uma variabilidade climática com períodos que variam desde altos índices de precipitação até temporadas de secas, devido a influência direta de elementos e mecanismos climáticos que ditam o regime de chuvas na Região. Este artigo objetivou elaborar as análises das precipitações pluviais médias mensais e anuais e dos períodos chuvoso e seco. Foram utilizadas séries temporais de precipitação pluviométrica de 123 postos pluviométricos da AESA com 27 anos de observações, para estimar a variabilidade e tendência das chuvas no Estado. Foi elaborada uma planilha eletrônica com os dados históricos e estimadas estatísticas básicas como: média, mediana, desvio-padrão, coeficientes de assimetria, curtose e variação. O passo seguinte foi as estimativas dos SPIs no software RStudio. Utilizando o software Surfer versão 13, foram elaborados os mapas mensais e o mapa anual das precipitações pluviais. Os resultados demonstraram que a distribuição das chuvas ocorre de forma irregular e com grande variação durante todo o ano. Os valores do C_s mostrou que todos os meses da série histórica dos dados de chuva a assimetria foi positiva. Os picos do C_k estão concentrados na parte central do Estado. Os picos do C_v estão nas regiões do Agreste e da Borborema que vai de janeiro a abril. Nas análises dos períodos secos e chuvoso foram utilizados os Índices de Precipitação Padronizado (IPP) nas escalas temporais de 1, 3, 6 e 12 meses. Entre os anos de 1997 a 2000 foram verificadas atuações de secas por todos os SPIs. Esses eventos possivelmente sofreram influências do fenômeno El Niño. Palavras-chave: Precipitação, IPP, Variabilidade espaço-temporal, Períodos seco e chuvosos.

Analysis of the Variability of Dry and Rainy Periods of Rainfall in the State of Paraíba using the Standardized Precipitation Index (SPI)

ABSTRACT

The state of Paraíba, located in the Northeast region of Brazil, presents a climatic variability with periods ranging from high precipitation rates to dry seasons, due to the direct influence of climatic elements and mechanisms that dictate the rainfall regime in the region. This paper aimed to elaborate the analyses of the average monthly and annual rainfall and the rainy and dry periods. Time series of rainfall from 123 rainfall stations of AESA with 27 years of observations were used to estimate the variability and trend of rainfall in the state. A spreadsheet was prepared with the historical data and basic statistics were estimated as: mean, median, standard deviation, coefficients of asymmetry, kurtosis and variation. The next step was to estimate the s using the software RStudio. Using the Surfer software version 13, the monthly maps and the annual rainfall map were prepared. The results showed that the rainfall distribution occurs irregularly and with great variation throughout the year. The values of C_s showed that all months of the historical series of rainfall data the asymmetry was positive. The peaks of C_k are concentrated in the central part of the state. The peaks of C_v are in the Agreste and Borborema regions from January to April. In the analyses of the dry and rainy periods, the Standardized Precipitation Indices (SPI) on the time scales of 1, 3, 6 and 12 months were used. Between the years 1997 and 2000 drought events were verified by all s. These events were possibly influenced by the El Niño phenomenon.

Keywords: Precipitation, SPI, Spatio-temporal variability, Dry and rainy periods.

Introduction

Entende-se por precipitações atmosféricas como o conjunto de águas originadas do vapor de água que cai, em estado líquido ou sólido, sobre a superfície da terra. Dentre as diversas variáveis

climáticas, a precipitação se enquadra como uma das mais pesquisadas e estudadas devido, principalmente, ao seu papel importante na área de recursos hídricos para a sociedade. Para Souza

(2017), precipitação é compreendida como a quantidade de água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre, podendo ter diferentes formas a depender do estado da água, como por exemplo as chuvas, granizos e neve, e entende como suas características principais a duração e as distribuições espaço-temporais.

A precipitação pluvial é um dos principais elementos da ciência hidrológica, representando, dentro do ciclo hidrológico, uma variável imprescindível para a compreensão da dinâmica do meio físico. Além de apresentar suma importância na caracterização do clima de uma região, seu estudo permite previsões com melhores aproximações e tomadas de decisões mais confiáveis (Arai *et al.*, 2010).

O modo e compreensão são de enorme importância no sentido de estudos, planejamento e manuseio de recursos hídricos disponível e da agricultura.

Segundo Oliveira *et al.*, (2020), um dos grandes desafios é entender a dinâmica da precipitação sobre uma determinada área, bem como os jeitos de variabilidade que influenciam a precipitação, tornando-se um fator a ser considerado na tomada de decisões envolvendo essas áreas.

Situada entre as latitudes 1 e 18S e as longitudes 34 e 48W, a região do Nordeste Brasileiro (NEB) está localizada ao leste da floresta amazônica e a oeste do Oceano Atlântico. A maior parte de sua área é caracterizada pelo clima semi-árido, com uma notável variabilidade espacial e temporal de chuvas e altas taxas de evapotranspiração, mostrando assim uma marcada variabilidade interanual (Marengo, 2010; Cabral Júnior *et al.*, 2019; Medeiros *et al.*, 2020). O estado da Paraíba está situado entre os paralelos 6° e 8° graus de latitude sul, e entre os meridianos de 34° e 39° graus de longitude oeste, totalmente incluído na Região Tropical, faz divisa com os estados de Pernambuco ao sul, Rio Grande do Norte ao norte e Ceará a oeste, limitando-se à leste com o Oceano Atlântico. Tem uma área de aproximadamente 56.340,9 km² com quatro mesorregiões e 223 municípios (Rodriguez, 2002). O índice de precipitação no estado da Paraíba depende de vários sistemas meteorológicos tais como: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), Sistemas Ondulatórios de Leste, Linhas de Instabilidade, Sistemas Frontais, Brisas Terrestre e Marítima, Bandas de Nebulosidade, assim como, efeitos orográficos locais (Macedo *et al.*, 2010), que atuam em diferentes meses do ano com características interanuais diferentes. As atuações desses sistemas

precipitantes, fazem com que haja grande variabilidade das chuvas na direção Norte – Sul e Leste – Oeste, no Estado, durante todo ano (Pedroza, 2009).

A variabilidade climática de uma região exerce importante influência nas diversas atividades socioeconômicas, especialmente na produção agrícola. Sendo o clima constituído de um conjunto de elementos integrados, determinante para a vida, este adquire relevância, visto que sua configuração pode facilitar ou dificultar a fixação do homem e o desenvolvimento de suas atividades nas diversas regiões do planeta. Dentre os elementos climáticos, a precipitação tem papel preponderante no desenvolvimento das atividades humanas, produzindo resultados na economia (Sleiman e Silva, 2008).

A partir do conjunto de informações hidrológicas conhecidas e possível construir indicadores e medidas estatísticas importantes como média, desvio padrão, coeficiente de variação, coeficiente de assimetria e distribuição de frequências por meio de dados observados de precipitação (SILVA *et al.*, 2019). A estatística descritiva e usada para a descrição de dados ou medidas estatísticas que possibilita melhor representação de todos os dados coletados durante a execução de uma pesquisa (Rodrigues; Barbosa e Lima 2017).

O Brasil é considerado o país com a região semiárida mais populosa do mundo, sendo estimada com 27 milhões de habitantes, distribuídos em uma área de 974.752 km², o que representa 12% do território nacional, é composto pelos Estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais, totalizando 1.262 municípios que ocupam o Semiárido nordestino (BRASIL, 2019). Então surge à necessidade de debates sobre as políticas públicas realizadas nessa região, buscando identificar ações eficientes do ponto de vista da sustentabilidade ambiental e econômico. E mais, na impossibilidade de selecionar experiências já realizadas, apontar soluções novas que melhorem a utilização dos recursos públicos destinados à Região.

Comumente, os índices de seca são calculados utilizando dados registrados nas estações terrestres (Kalisa *et al.*, 2020).

Vários pesquisadores lidaram com a seca, elaboraram vários trabalhos tratando a seca como um complexo extremo hidrológico e o clima mais desastroso e perigoso que afeta muitas regiões do mundo (Wilhite & Glantz, 1985; Liu *et al.*, 2019; Jalal uddin *et al.*, 2020; de Brito *et al.*, 2021).

A problemática da seca instiga pesquisadores em todo o mundo a desenvolverem

vários tipos de índices meteorológicos para caracterização e monitoramento das estiagens, como o SPI (*Standardized Precipitation Index*), O PDSI (*Palmer Drought Severity Index*, dentre outros.

Entre os índices de seca, o Índice Padronizado de Precipitação (Spi; McKee *et al.*, 1993) é comumente utilizado, pois leva em conta vários períodos e requer os dados de precipitação apenas para sua quantificação (CAVUS E Aksoy, 2019, 2020; Eris *et al.*, 2020).

Diversos trabalhos de pesquisa usaram o SPI para estudar a variabilidade espaço-temporal da seca (Dabanli *et al.*, 2017; Derdous *et al.*, 2020; Fniguire *et al.*, 2016).

O acompanhamento, a análise e previsão das secas meteorológicas de extrema importância (Noguera *et al.*, 2022; Cao *et al.*, 2022; Schwartz *et al.*, 2022). Além disso, a seca meteorológica torna-se a principal fonte de outros tipos de seca (hidrológica, seca agrícola, socioeconômica etc.) devido à precipitação insuficiente (Lai *et al.*, 2019; Guo *et al.*, 2020). avaliações meteorológicas precisas de seca também adicionam informações preciosas aos processos globais de tomada de decisão para aqueles que trabalham em áreas relacionadas, incluindo agricultura, hidrologia, indústria e gestão de orçamento de água (Mahboobeh *et al.*, 2020; Dikshit *et al.*, 2021).

O diagnóstico das secas é um trabalho importante uma vez que poderá trazer informações valiosas para avaliar as magnitudes e possíveis impactos de forma a estimular os gestores públicos a investir no planejamento e mitigação das secas.

Os impactos futuros da mudança climática nas regiões semiáridas podem causar a intensificação e o prolongamento de secas e gerar graves problemas, como escassez de água e colapso no abastecimento de água (LI *et al.*, 2020). A seca também pode causar diferentes níveis de impactos sociais e ambientais, como a desertificação, diminuição da capacitância de cultivo e migração rural (Vieira *et al.*, 2020).

As mudanças nas chuvas estão preocupando os agricultores, que perderão suas colheitas em determinadas épocas do ano. Se não houver produção, não haverá abastecimento da população, portanto, além de causar grandes prejuízos aos agricultores, haverá escassez de alimentos. Por isso é tão importante estudar, estudar e analisar as estações chuvosas e secas em regiões específicas para que os gestores possam se adaptar e aprender a lidar melhor com as inevitáveis secas em determinadas regiões,

principalmente no Nordeste, com estiagens prolongadas.

Neste contexto, dada a importância de conhecer os períodos secos e chuvosos de uma determinada região, este trabalho tem por objetivo estudar as características da variabilidade espaço-temporal da precipitação do estado da Paraíba, usando dados de 123 postos pluviométricos, e também analisar as secas ocorridas desde 1994 até 2020, através de dados de precipitação coletados em 12 postos pluviométricos espalhados nas 4 mesorregiões do estado.

Material e métodos

A região Nordeste do Brasil está localizada entre os paralelos de 1° S e 19° S e os meridianos de 34° W e 49° W, com área de 1.644.039 Km², correspondendo a um quinto do território nacional, com características climáticas predominantemente semiáridas.

O estado da Paraíba está inserido na região Nordeste do Brasil, localizado nos paralelos 6° e 8° graus de latitude sul, e entre os meridianos de 34° e 39° graus de longitude oeste, o estado da Paraíba faz fronteira com o estado do Rio Grande do Norte, Pernambuco, Ceará e Oceano Atlântico, como pode ser visto na Figura 1. A Ponta do Seixas, na Paraíba, é o local mais a leste da América do Sul. É o estado mais central do Nordeste, apresentando distâncias que variam de 100 quilômetros até, aproximadamente, 800 quilômetros dos maiores agrupamentos populacionais.

Sua extensão territorial é de 56.467.242 km², possui 223 municípios distribuídos pelas mesorregiões da Mata Paraibana, Agreste, Borborema e Sertão. Conforme dados do Censo Demográfico de 2010, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Totaliza 4.059.905 habitantes (2021), sendo o 5° estado mais populoso do Nordeste brasileiro. O crescimento demográfico é de 0,9% ao ano; a densidade demográfica é de aproximadamente 66,7 hab/km², conforme dados do (IBGE, 2010).

Apesar de muita diversa, a vegetação da Paraíba é composta por mangues no Litoral, pequena faixa de Floresta Tropical e Caatinga na maior parte do território. O clima do estado da Paraíba é Tropical Úmido no litoral, com chuvas abundantes. À medida que adentra o Estado em direção ao interior, o clima predominante é o Semiárido, sujeito a estiagens prolongadas e precipitação pluvial abaixo de 800 mm/ano.

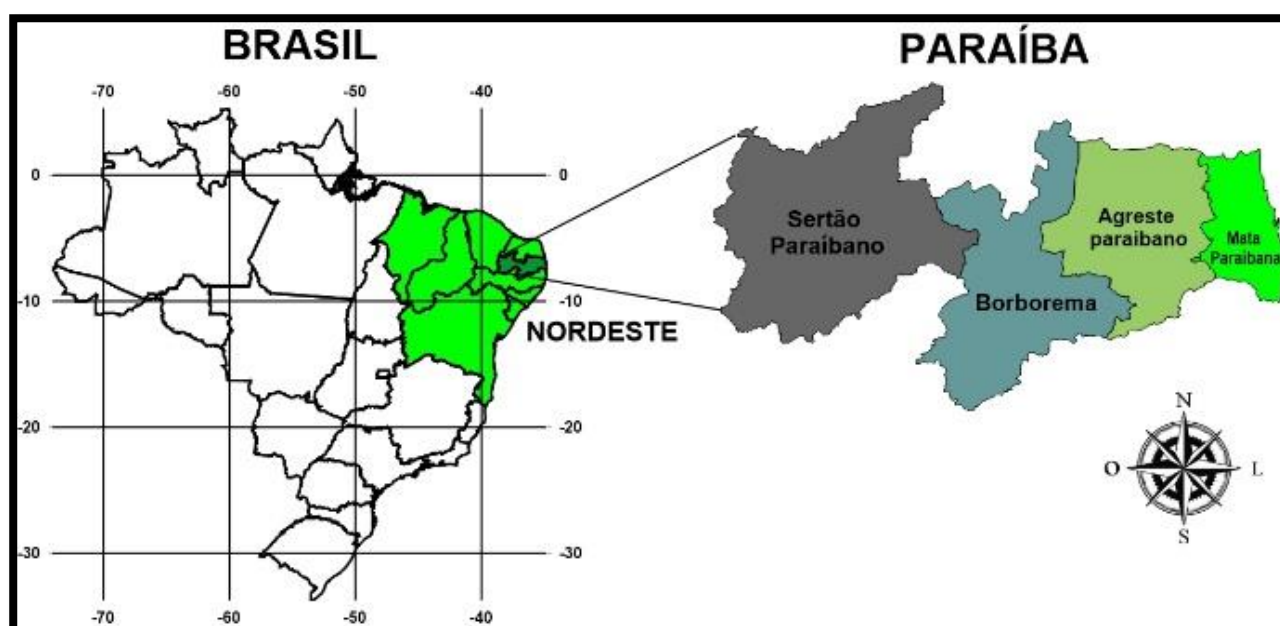


Figura 1. Localização da área de estudo com as mesorregiões do estado da Paraíba.

Este estudo da precipitação pluvial do estado da Paraíba foi realizado com base no banco de dados fornecido pela Agência Executiva de Gestão das Águas do estado da Paraíba (AESAs) em forma de totais mensais. Os dados foram

coletados de 123 postos pluviométricos localizados em vários municípios do estado da Paraíba no período de 1994 a 2020, como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1. Municípios onde se encontram os postos pluviométricos utilizados.

Ordem	Municípios/Postos Pluviométricos	Período	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)
1	Água Branca	1994/2020	-7,5118	-37,6366	732
2	Aguiar	1994/2020	-7,0933	-38,1733	268
3	Alagoa Grande	1994/2020	-7,0367	-35,6311	130
4	Alagoa Nova	1994/2020	-7,0542	-35,7578	508
5	Alagoinha	1994/2020	-6,9589	-35,5525	167
6	Alhandra	1994/2020	-7,4256	-34,9106	58
7	Aparecida	1994/2020	-6,7864	-38,0847	216
8	Araçagi	1994/2020	-6,8333	-35,3878	105
9	Araruna	1994/2020	-6,5314	-35,7397	575
10	Areia	1994/2020	-6,9756	-35,7178	571
11	Areial	1994/2020	-7,0494	-35,9258	692
12	Aroeiras	1994/2020	-7,5458	-35,7111	351
13	Bananeiras	1994/2020	-6,7514	-35,6342	543
14	Barra de Santa Rosa	1994/2020	-6,7289	-36,0564	469
15	Barra de São Miguel	1994/2020	-7,7517	-36,3181	490
16	Belém	1994/2020	-6,7031	-35,5356	164
17	Belém do Brejo do Cruz	1994/2020	-6,1864	-37,5356	182
18	Boa Ventura	1994/2020	-7,4206	-38,2178	314

19	Boa Vista	1994/2020	-7,2575	-36,2375	486
20	Bom Sucesso	1994/2020	-6,4414	-37,9292	290
21	Bonito de Santa Fé	1994/2020	-7,3144	-38,5144	591
22	Boqueirão/Açude Boqueirão	1994/2020	-7,4908	-36,1358	356
23	Brejo do Cruz	1994/2020	-6,3483	-37,4997	201
24	Brejo dos Santos	1994/2020	-6,38	-37,8247	324
25	Cabaceiras	1994/2020	-7,4922	-36,2869	401
26	Cacimba de Areia	1994/2020	-7,1275	-37,1558	272
27	Cacimba de Dentro	1994/2020	-6,6367	-35,7953	546
28	Caiçara	1994/2020	-6,6147	-35,4681	129
29	Cajazeiras	1994/2020	-6,8942	-38,5444	299
30	Caldas Brandão	1994/2020	-7,1025	-35,3244	68
31	Camalaú	1994/2020	-7,89	-36,8256	518
32	Campina Grande	1994/2020	-7,2256	-35,9042	543
33	Caraúbas	1994/2020	-7,7253	-36,4903	443
34	Casserengue	1994/2020	-6,7931	-35,8944	380
35	Catingueira	1994/2020	-7,1283	-37,6083	295
36	Catolé do Rocha	1994/2020	-6,3439	-37,7467	296
37	Conceição	1994/2020	-7,56	-38,5019	388
38	Condado	1994/2020	-6,9231	-37,5947	260
39	Congo	1994/2020	-7,8022	-36,6586	494
40	Coremas/Açude Coremas	1994/2020	-7,025	-37,9428	251
41	Coxixola	1994/2020	-7,6286	-36,6056	469
42	Cuité	1994/2020	-6,485	-36,1492	670
43	Desterro	1994/2020	-7,2903	-37,0881	594
44	Dona Inês	1994/2020	-6,6056	-35,6283	418
45	Emas	1994/2020	-7,1058	-37,7153	269
46	Fagundes	1994/2020	-7,3586	-35,7844	504
47	Guarabira	1994/2020	-6,8453	-35,4964	123
48	Gurjão	1994/2020	-7,2478	-36,4892	491
49	Ibiara	1994/2020	-7,5064	-38,4072	344
50	Imaculada	1994/2020	-7,3822	-37,5094	797
51	Ingá	1994/2020	-7,2925	-35,6119	155
52	Itabaiana	1994/2020	-7,325	-35,3375	52
53	Itaporanga	1994/2020	-7,3	-38,15	288
54	Jacaraú	1994/2020	-6,6136	-35,2917	181
55	Jericó	1994/2020	-6,55	-37,8	254
56	João Pessoa	1994/2020	-7,0833	-34,8333	9
57	Juarez Távora	1994/2020	-7,1628	-35,5931	155
58	Juazeirinho	1994/2020	-7,0683	-36,58	554
59	Junco do Seridó	1994/2020	-6,995	-36,7131	590
60	Juru	1994/2020	-7,5478	-37,8067	724

61	Lagoa	1994/2020	-6,5894	-37,915	275
62	Livramento	1994/2020	-7,3761	-36,9492	586
63	Mãe D'Água	1994/2020	-7,2572	-37,4253	410
64	Malta	1994/2020	-6,9033	-37,5197	275
65	Mamanguape	1994/2020	-6,8356	-35,1214	15
66	Manaíra	1994/2020	-7,7069	-38,1525	768
67	Mogeiro	1994/2020	-7,3075	-35,4764	108
68	Monteiro	1994/2020	-7,885	-37,1269	605
69	Nazarezinho	1994/2020	-6,92	-38,3197	273
70	Nova Olinda	1994/2020	-7,4819	-38,0425	322
71	Olho D'água	1994/2020	-7,2278	-37,7506	271
72	Olivedos	1994/2020	-6,9886	-36,2436	557
73	Passagem	1994/2020	-7,1364	-37,0475	306
74	Patos/EMBRAPA	1994/2020	-7,0008	-37,3131	254
75	Paulista	1994/2020	-6,59	-37,6233	158
76	Pedra Lavrada	1994/2020	-6,7553	-36,4644	521
77	Pedras de Fogo	1994/2020	-7,4014	-35,1175	176
78	Piancó	1994/2020	-7,215	-37,9258	263
79	Picuí	1994/2020	-6,505	-36,3469	427
80	Pilar	1994/2020	-7,2675	-35,2608	38
81	Pocinhos	1994/2020	-7,0778	-36,0592	653
82	Pombal	1994/2020	-6,7719	-37,8006	192
83	Prata	1994/2020	-7,695	-37,0842	584
84	Princesa Isabel	1994/2020	-7,7331	-37,9944	686
85	Puxinanã	1994/2020	-7,1472	-35,9594	651
86	Riacho de Santo Antônio	1994/2020	-7,6942	-36,1561	447
87	Riacho dos Cavalos	1994/2020	-6,4353	-37,6531	208
88	Salgadinho	1994/2020	-7,1022	-36,8453	430
89	Santa Luzia	1994/2020	-6,8681	-36,9181	311
90	Santa Luzia/Riacho do Saco	1994/2020	-6,9639	-36,9203	353
91	Santana de Mangueira	1994/2020	-7,5503	-38,3353	371
92	Santana dos Garrotes	1994/2020	-7,3833	-37,9897	321
93	Santa Teresinha	1994/2020	-7,0842	-37,445	308
94	São Bento	1994/2020	-6,5022	-37,4581	149
95	São Francisco	1994/2020	-6,6178	-38,0947	266
96	São João do Rio do Peixe	1994/2020	-6,7253	-38,4518	247
97	São João do Tigre	1994/2020	-8,08	-36,8472	569
98	São José da Lagoa Tapada	1994/2020	-6,9422	-38,1619	261
99	São José de Espinharas	1994/2020	-6,8481	-37,3264	209
100	São José de Piranhas	1994/2020	-7,1156	-38,4967	334
101	São José do Sabugi	1994/2020	-6,77419	-36,8	336
102	São José dos Cordeiros	1994/2020	-7,3908	-36,8058	528

103	São Mamede	1994/2020	-6,9306	-37,1036	272
104	São Miguel de Taipu	1994/2020	-7,24581	-35,20580	34
105	São Sebastião do Umbuzeiro	1994/2020	-8,1517	-37,0097	597
106	São Vicente do Seridó	1994/2020	-6,8553	-36,4106	513
107	Sapé	1994/2020	-7,0925	-35,2233	623
108	Serra Branca	1994/2020	-7,4819	-36,66	485
109	Serra Grande	1994/2020	-7,2142	-38,3722	596
110	Serraria	1994/2020	-6,8192	-35,6386	514
111	Solânea	1994/2020	-6,7594	-35,6478	625
112	Soledade	1994/2020	-7,0608	-36,3619	520
113	Soledade/Fazenda Pendência	1994/2020	-7,1768	-36,4863	508
114	Sossêgo	1994/2020	-6,7664	-36,2467	586
115	Sousa	1994/2020	-6,7694	-38,2194	236
116	Sousa/São Gonçalo	1994/2020	-6,8358	-38,3117	237
117	Sumé	1994/2020	-7,6736	-36,8964	518
118	Taperoá	1994/2020	-7,2163	-36,8281	547
119	Teixeira	1994/2020	-7,2217	-37,2497	765
120	Uiraúna	1994/2020	-6,5231	-38,4092	296
121	Umbuzeiro	1994/2020	-7,6958	-35,6642	530
122	Várzea	1994/2020	-6,7722	-36,9925	269
123	Vista Serrana	1994/2020	-6,7386	-37,5683	245

Para a realização deste trabalho foi feito o levantamento dos dados de precipitação da região no banco de dados da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba-AESA. Na Figura 2 podemos ver a distribuição

espacial dos postos pluviométricos distribuídos nos municípios paraibanos, utilizou-se para fazer essa espacialização o software Surfer 13.0.

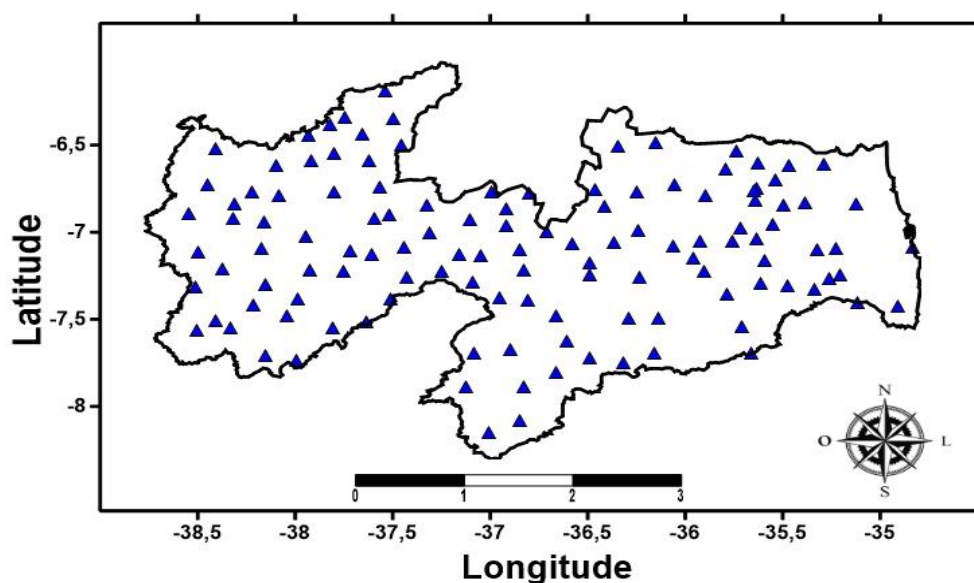


Figura 2. Distribuição espacial dos 123 postos pluviométricos pertencentes ao Estado da Paraíba.

Com o objetivo de resumir as informações dos dados e descrevê-los em termos numéricos, foi realizada a análise descritiva dos totais precipitados médios mensais e anual. Calcularam-se medidas de tendência central (média e mediana) e medidas de dispersão (desvio padrão e coeficiente de variação). As medidas de dispersão avaliam a homogeneidade dos dados e a dispersão dos mesmos em relação à média. O coeficiente de variação foi calculado usando a equação (1):

$$C_v = \frac{\delta}{\bar{X}} \times 100\% \quad (1)$$

Em que:

$\delta \rightarrow$ Desvio Padrão;

$\bar{X} \rightarrow$ Média;

$C_v \rightarrow$ Coeficiente de variação.

Além das medidas de tendência central e de dispersão, foram calculados os coeficientes de curtose (C_k) com o objetivo de mensurar o tipo e grau de assimetria dos dados. O C_k , que mede o grau de achatamento da amostra, foi calculado usando a equação (2):

$$C_k = \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \times \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i - \bar{X}}{\delta} \right)^4 - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)} \quad (2)$$

Em que:

$n \rightarrow$ Tamanho da Amostra;

$X_i \rightarrow$ Valores Observados;

$\bar{X} \rightarrow$ Média Aritmética dos Valores Observados;

$\delta \rightarrow$ Desvio Padrão da Amostra;

$C_k \rightarrow$ Coeficiente de Curtose.

Para indicar o grau de distorção da distribuição em relação a uma distribuição simétrica (distribuição normal), onde os dados mais frequentes se concentram mais ao centro em relação aos extremos, foi calculado também o coeficiente de assimetria (C_s), de acordo com a Equação 3.

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \times \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i - \bar{X}}{\delta} \right)^3 \quad (3)$$

$n \rightarrow$ Tamanho da Amostra;

$X_i \rightarrow$ Valores Observados;

$\bar{X} \rightarrow$ Média Aritmética dos Valores Observados;

$\delta \rightarrow$ Desvio Padrão da Amostra.

$C_s \rightarrow$ Coeficiente de Assimetria

Para a representação espacial da pluviosidade dos valores obtidos através da estatística descritiva são representados mediante a interpolação desses dados, elaboradas a partir do aplicativo Surfer, versão 13, o qual usa os valores de longitude e latitude e os resultados obtidos, como o coeficiente de assimetria, coeficiente de curtose e o coeficiente de variação de cada posto pluviométrico da área de estudo.

O Surfer utiliza o método reticulado, para realizar a interpolação de dados, com os quais irá gerar valores para a construção das isolinhas. A interpolação dos dados no reticulado do programa foi feita através do método de kriging, considerado o mais adequado para este tipo de interpolação (BALDO *et al.*, 2012).

O Índice Oceânico Niño(a)-ION é um índice que identifica as anomalias da superfície do oceano Pacífico através de uma média móvel de três meses (Tabela 2). Quando o ION for maior que +0,5 °C por no mínimo cinco meses consecutivos, o período é caracterizado como El Niño, e quando o índice for menor do que -0,5 °C por no mínimo cinco meses consecutivos, o período é caracterizado como La Niña. Os dados de intensidade dos fenômenos El Niño e La Niña (Tabela 3) foram obtidos do Serviço Climatológico Nacional dos Estados Unidos (NOAA - National Weather Service), onde os valores em Vermelho correspondem ao El Niño (positivo) e os valores em azul corresponde ao La Niña (negativo).

Tabela 2. Classificação da intensidade do Índice Oceânico Niño (a).

Evento	Índice Oceânico Niño(a)	Intensidade
El Niño	0,5 a 0,9	Fraca
	1,0 a 1,14	Moderada
	$\geq 1,5$	Forte
La Niña	-0,5 a -0,9	Fraca
	-1,0 a -1,14	Moderada
	$\leq -1,5$	Forte

Tabela 3. Intensidade do El Niño e de La Niña durante o período de 1994 a 2020. Também pode ser colocada em anexo

Anos	Índice ENOS (El Niño-vermelho; La Niña-azul; Neutro-preto)											
	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1994	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.7	1.0	1.1
1995	1.0	0.7	0.5	0.3	0.1	0.0	-0.2	-0.5	-0.8	-1.0	-1.0	-1.0
1996	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5
1997	-0.5	-0.4	-0.1	0.3	0.8	1.2	1.6	1.9	2.1	2.3	2.4	2.4
1998	2.2	1.9	1.4	1.0	0.5	-0.1	-0.8	-1.1	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6
1999	-1.5	-1.3	-1.1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.1	-1.1	-1.2	-1.3	-1.5	-1.7
2000	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.7	-0.6	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7
2001	-0.7	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3
2002	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.4	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.1
2003	0.9	0.6	0.4	0.0	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4
2004	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7
2005	0.6	0.6	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.3	-0.6	-0.8
2006	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.1	0.0	0.1	0.3	0.5	0.8	0.9	0.9
2007	0.7	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.8	-1.1	-1.3	-1.5	-1.6
2008	-1.6	-1.5	-1.3	-1.0	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	-0.2	-0.4	-0.6	-0.7
2009	-0.8	-0.8	-0.6	-0.3	0.0	0.3	0.5	0.6	0.7	1.0	1.4	1.6
2010	1.5	1.2	0.8	0.4	-0.2	-0.7	-1.0	-1.3	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6
2011	-1.4	-1.2	-0.9	-0.7	-0.6	-0.4	-0.5	-0.6	-0.8	-1.0	-1.1	-1.0
2012	-0.9	-0.7	-0.6	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.2
2013	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.4	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	0.2	0.5	0.6	0.7
2015	0.5	0.5	0.5	0.7	0.9	1.2	1.5	1.9	2.2	2.4	2.6	2.6
2016	2.5	2.1	1.6	0.9	0.4	-0.1	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.6
2017	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1	-0.1	-0.4	-0.7	-0.8	-1.0
2018	-0.9	-0.9	-0.7	-0.5	-0.2	0.0	0.1	0.2	0.5	0.8	0.9	0.8
2019	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	0.1	0.2	0.3	0.5	0.5
2020	0.5	0.5	0.4	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.6	-0.9	-1.2	-1.3	-1.2

Fonte: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml

Índice IPP

O IPP foi desenvolvido de modo a ser um indicador de seca que reconhece a importância das escalas de tempo. Assim o IPP é calculado considerando séries e períodos médios,

selecionados de modo a se determinar séries de escalas de tempo de x meses, x = 1, 3, 6 e 12 meses.

O cálculo do IPP consiste inicialmente em ajustar a função densidade de probabilidade gama, a uma dada distribuição de frequência do total de

precipitação para uma estação. A distribuição gama é dada por:

$$G(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad (4)$$

Em que:

$\alpha > 0 \rightarrow$ parâmetro de forma

$\beta > 0 \rightarrow$ parâmetro de escala

$x > 0 \rightarrow$ quantidade de precipitação

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty y^{\alpha-1} e^{-y} dy \rightarrow \text{Função Gama} \quad (5)$$

Os parâmetros α e β da função densidade de probabilidade gama, são estimados para cada estação para as escalas de tempo que interessam estudar e para cada mês do ano. Utilizam-se as soluções de máxima verossimilhança para estimar α e β :

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right), \hat{\beta} = \frac{\bar{x}}{\hat{\alpha}} \quad (6)$$

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{1}{N} \sum_i^N \ln(x) \quad (7)$$

Em que:

$N \rightarrow$ é o número de observações da precipitação;

$\bar{x} \rightarrow$ representa o valor médio dos dados de chuva;

$x \rightarrow$ são as precipitações observadas.

Os parâmetros resultantes são utilizados para determinar a probabilidade cumulativa de um

evento de precipitação observado para um determinado mês e para a escala de tempo desejada para uma certa estação.

A probabilidade cumulativa é dada por:

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad (8)$$

$$\text{Fazendo } t = \frac{x}{\beta} \quad \text{a equação (8)}$$

transforma-se na função gama incompleta:

$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x t^{\hat{\alpha}-1} e^{-t} \quad (9)$$

Visto que a função gama $\Gamma(\hat{\alpha})$ não está definida para $x = 0$, e as séries pluviométricas podem conter zeros, a distribuição da probabilidade cumulativa toma o seguinte aspecto:

$$H(x) = q + (1 - q)G(x) \quad (10)$$

Em que:

$H(x) \rightarrow$ é a distribuição de probabilidade cumulativa;

$q \rightarrow$ é a probabilidade de ocorrência de valores nulos (zeros), representada por: $q = \frac{m}{n}$;

$m \rightarrow$ é o número de zeros;

$n \rightarrow$ o número total de dados;

$G(x) \rightarrow$ é a distribuição cumulativa teórica.

A relação entre as distribuições de probabilidade Gama e Normal é dada por:

$$Z = SPI = - \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \quad \text{para } 0 < H(x) \leq 0,5 \quad (11)$$

$$Z = SPI = - \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right), \quad \text{para } 0,5 < H(x) \leq 1,0 \quad (12)$$

Sendo:

$c_0 = 2,515$; $c_1 = 0,803$; $c_2 = 0,010$;

$d_1 = 1,433$; $d_2 = 0,189$; $d_3 = 0,001$;

Em que:

$$t = \sqrt{\ln \left(\frac{1}{(H(x))^2} \right)}, \quad \text{para } 0 < H(x) \leq 0,5 \quad (13)$$

e

$$t = \sqrt{\ln \left(\frac{1}{(1-H(x))^2} \right)}, \quad \text{para } 0,5 < H(x) \leq 1,0 \quad (14)$$

O cálculo do IPP inicia com o ajuste da função densidade de probabilidade Gama às séries de totais mensais precipitados. Em seguida a probabilidade acumulada de ocorrência de cada total mensal é estimada. A função normal inversa a Gaussiana é aplicada a essa probabilidade resultando no valor IPP.

Segundo MCKEE (1993), o evento seca inicia quando o IPP se torna negativo e atinge o valor -1 e termina quando o mesmo volta a apresentar valores positivos. Dentro dessa escala os valores menores ou iguais a -2 indicam seca extrema e os maiores ou iguais a +2 indicam umidade extrema, (Tabela 4).

Tabela 4 - Classificação dos períodos secos e chuvosos de acordo com o SPI.

CLASSIFICAÇÃO DO IPP	
$\geq 2,00$	Chuva extrema
1,99 a 1,50	Chuva severa
1,49 a 1,00	Chuva moderada
0,99 a 0,50	Chuva fraca
0,49 a -0,49	Normal
-0,50 a -0,99	Seca fraca
-1,00 a -1,49	Seca moderada
-1,50 a -1,99	Seca severa
$\leq -2,00$	Seca extrema

Fonte: MCKEE (1993)

O cálculo do IPP foi efetuado com base na função SPI no pacote SPEI (*Standardized Precipitation Evapotranspiration Index*) do RStudio. O RStudio é um *software* livre de ambiente de desenvolvimento integrado para R, uma linguagem de programação para gráficos e cálculos estatísticos.

Resultados e discussão

É importante nesse estudo verificar a relação dos sistemas meteorológicos que produzem chuva no estado da Paraíba, e assim detectar possíveis influências dos mesmos, e para isso foi destacado as quatro mesorregiões do estado da Paraíba (Zona da Mata, Agreste, Borborema e Sertão) e suas características.

Na Figura 3 observa-se a interpolação das médias dos acumulados anuais destacando as 4 mesorregiões que leva em consideração as alturas irregulares de pluviosidade e umidade do clima no Estado:

- Região da Zona da Mata ou Litoral - Faixa de clima úmido que acompanha o litoral do estado. Todas as demais mesorregiões são semiáridas;
- Região do Agreste - Área de transição entre a Zona da Mata e a tradicional região do Sertão. Apresenta índice pluviométrico maior do que a Borborema e o Sertão;
- Região da Borborema - Região que está localizada no planalto da Borborema, entre o Sertão e o Agreste. É a região com chuvas são mais escassas;
- Região do Sertão - apresenta clima menos seco do que a região da Borborema.

A variabilidade espacial das chuvas, no período estudado, oscila entre 300 mm na na mesorregião da Borborema e 2000 mm no Litoral. Nota-se que a região centro-leste do Estado é a mais seca. De modo geral o Litoral é a região mais úmida. Pode ser notada, também, uma área bastante úmida no Alto Sertão. Há redução das chuvas à medida que o efeito da continentalidade atua (do Litoral até a linha que divide o Sertão do Cariri). Verifica-se que os valores de precipitação do Litoral estão entre 1200 a 1800 mm. Algumas localidades na parte sul esse índice pode ficar próximo de 2000 mm. Houve um comportamento bem variado da precipitação na mesorregião do Agreste, indicando valores entre 400 a 1100 mm, decrescendo na Borborema para valores próximos de 300 mm. A mesorregião do Sertão apresentou uma distribuição bem mais homogênea, tendo precipitação superior até a uma parte do Agreste, entre 700 e 900 mm, com parte do oeste apresentando valores próximos de 1000 mm. Nascimento *et al.* (2019) afirmam que essa precipitação ocorre em maior intensidade no Litoral e Agreste por conta do oceano Atlântico. Já o Sertão recebe uma boa quantidade de chuvas devido à ZCIT. Por outro lado, no Cariri e Curimataú as precipitações são menores devido ao Planalto da Borborema, que serve de obstáculo e dificulta a passagem da umidade oriunda o Oceano Atlântico. No caso da Paraíba, o planalto da Borborema na parte central do estado influencia fortemente a circulação das massas de ar vindas do oceano e, conseqüentemente, a precipitação (FariaS, 2020).

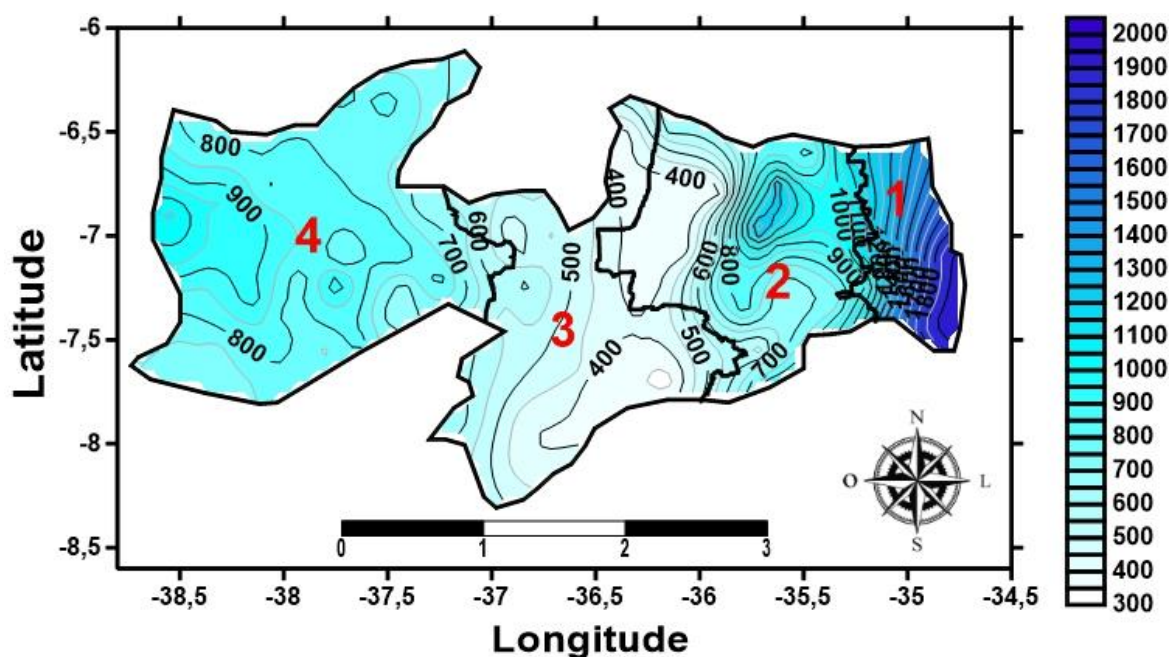


Figura 3. Interpolação média dos totais anuais precipitados nos postos pluviométricos, estudados nas mesorregiões do estado da Paraíba de 1994 até 2020

Na verificação do comportamento da precipitação sazonal de 1994 a 2020, foi primeiramente obtidos os valores médios mensais da precipitação para os 123 postos pluviométricos e feito a espacialização. Os resultados estão dispostos na Figura 4. Desse modo, verifica-se que à distribuição das chuvas mensais se concentram nas estações de verão e outono, além da contribuição da orografia, observa-se um acréscimo na pluviosidade no sentido de oeste para leste em todo ano.

Pode-se observar também que de janeiro a meados de abril as chuvas se concentraram no Sertão do estado, visto que é no mês de março que ocorrem às pluviometrias mais elevadas. Também se pode verificar que no mês de dezembro começam as primeiras chuvas na mesorregião do Sertão, conhecida como pré-estação chuvosa. As chuvas nessa região estão associadas aos efeitos da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), aos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs) e aos efeitos orográficos locais.

Percebe-se que o período chuvoso desloca temporalmente de oeste para leste, assim, a mesorregião da Borborema têm sua quadra chuvosa iniciando em fevereiro até maio, sendo abril o mês que ocorrem os maiores índices pluviométricos. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) também é o principal sistema meteorológico responsável pela pluviosidade na região.

Na mesorregião do Agreste, o período das chuvas começa em março e estende-se até junho

que é o mês de maior precipitação. No Agreste os sistemas ondulatórios de leste também são importantes na produção de chuvas dessa mesorregião, mas a ZCIT também tem sua contribuição.

A mesorregião da Zona da Mata é o setor onde ocorrem os maiores índices pluviométricos de todo o Estado. O período chuvoso inicia-se em abril e vai até julho tendo junho como o mês que apresenta os mais elevados índices de precipitação. Observa-se ainda que durante todos os meses do ano os totais pluviométricos mais elevados ocorrem no litoral sul da Paraíba. Comumente, os sistemas precipitantes nessa mesorregião são as Ondas de Leste (são ondas que se formam no campo de pressão atmosférica, na faixa tropical do globo terrestre, na área de influência dos Ventos Alísios, e se deslocam de Oeste para Leste, ou seja, desde a costa da África até o Litoral leste do Brasil).

Ainda de acordo com a distribuição espacial e temporal das precipitações na Figura 4 observa-se a alta variabilidade da precipitação. No mês de janeiro nota-se chuvas mais expressivas e de formas isoladas no Sertão. No mês de fevereiro esta distribuição torna-se mais homogênea. Os meses de março e abril são os meses mais chuvosos em praticamente todo estado, e de maio a agosto os maiores totais se concentram na faixa leste, principalmente no sul do Litoral. Setembro é considerado o mês mais seco e no restante do ano as chuvas ocorrem de forma isolada.

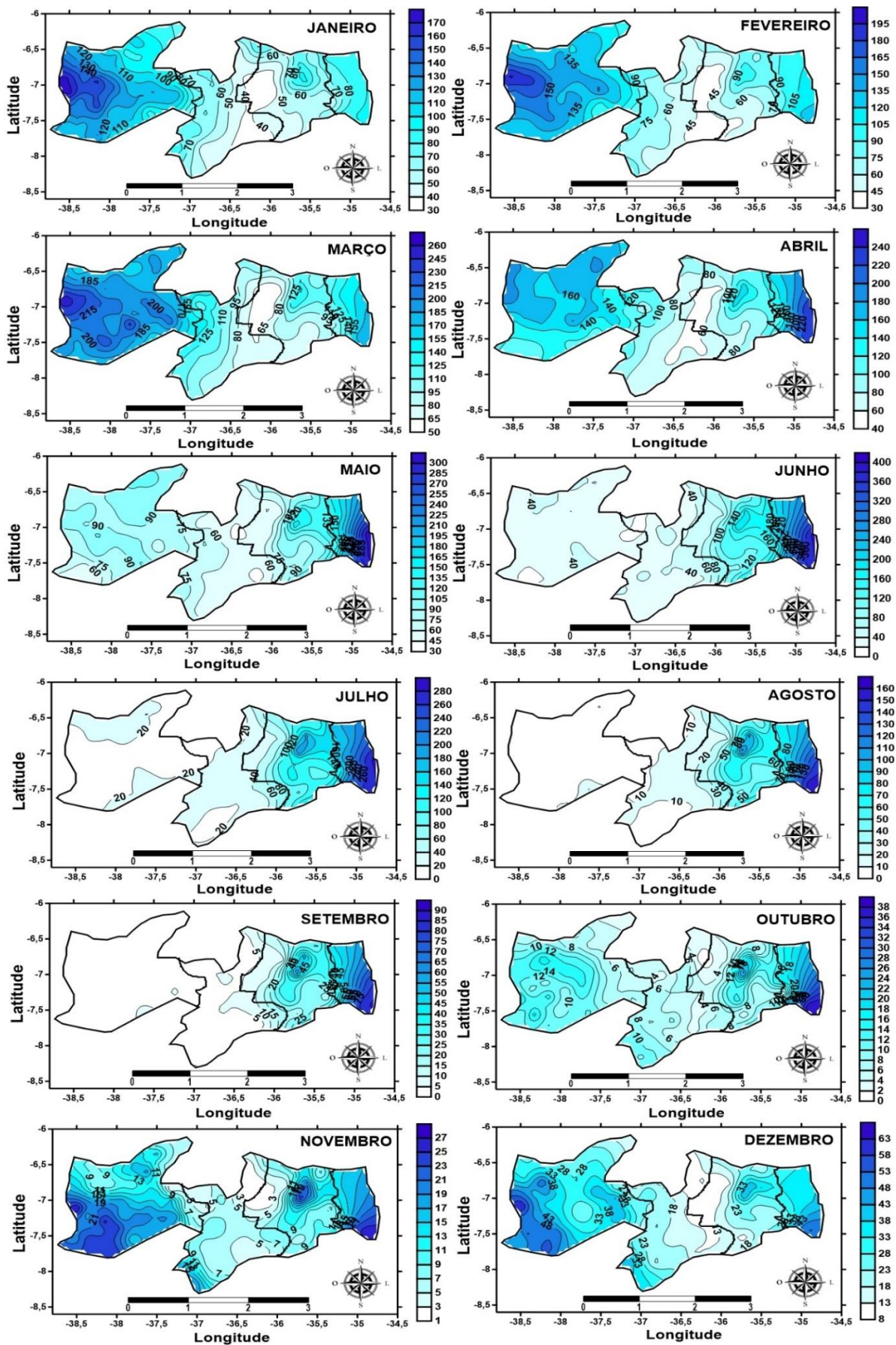


Figura 4. Distribuição espacial da precipitação média mensal de 1994 a 2020.

Na Tabela 5 é possível observar que as maiores precipitações se dão de janeiro a maio, com valores variando de 84,5 mm a 141,6 mm. As menores precipitações ocorrem entre junho e dezembro, com valores variando de 9,9 mm a 69,8 mm. Ainda na tabela 5 também se verificam os resultados da análise descritiva das médias mensais da precipitação. De acordo com os resultados, todos os meses apresentaram assimetria positiva dos dados ($C_s > 0$). Os coeficientes de variação acima de 25% implicam que há alta dispersão entre os valores, indicando grande variabilidade da precipitação. Todos os valores médios de precipitação se mostraram maiores que as

medianas, determinando a tendência de agrupamento dos dados a direita, em relação a curva de distribuição Normal, confirmando a assimetria positiva dos dados analisados. Com relação à curtose, os valores médios mensais de janeiro, fevereiro, março, abril, novembro e dezembro apresentaram coeficientes de curtose ($C_k < 0$), indicando que nesses meses a distribuição dos dados é do tipo leptocúrtica, ou seja, significa que é mais fácil obter valores que se aproximam da média, e nos demais meses a distribuição é do tipo platicúrtica.

Tabela 5. Estatística descritiva das médias mensais pluviométricas no período de 1994 a 2020 no Estado da Paraíba.

Meses	Anos	n	Média	Mediana	D.P	C_s	C_k	C_v (%)
Janeiro	27	123	84,5	82,3	34,0	0,5	-0,5	40,3
Fevereiro	27	123	97,6	91,4	38,5	0,3	-0,8	39,4
Março	27	123	141,6	141,2	51,0	0,1	-1,1	36,0
Abril	27	123	121,2	119,6	40,6	0,2	-0,6	33,5
Maio	27	123	89,3	84,3	39,0	2,6	10,9	43,7
Junho	27	123	69,8	38,6	68,0	2,1	4,9	97,3
Julho	27	123	54,1	23,9	59,6	1,6	2,1	110,1
Agosto	27	123	24,9	8,6	31,5	1,8	3,0	126,4
Setembro	27	123	11,9	3,3	17,1	1,9	3,6	143,4
Outubro	27	123	9,6	8,3	5,6	1,7	5,0	58,9
Novembro	27	123	11,9	10,6	6,7	0,4	-0,9	56,4
Dezembro	27	123	28,6	27,0	12,1	0,5	-0,3	42,2

n: postos pluviométricos; D.P: desvio padrão; C_s : coeficiente de assimetria; C_k : coeficiente de curtose; C_v : coeficiente de variação

Pode-se observar na Figura 5, que os valores do coeficiente de assimetria variam bastante, mas na Zona da Mata os dados são simétricos, pois seus valores de assimetria se aproximam de zero. Em quase todos os meses da

série histórica a assimetria foi positiva, informando que, em geral, a média é maior que a mediana em todas as mesorregiões do Estado, menos em fevereiro e abril que apresentaram valores negativos.

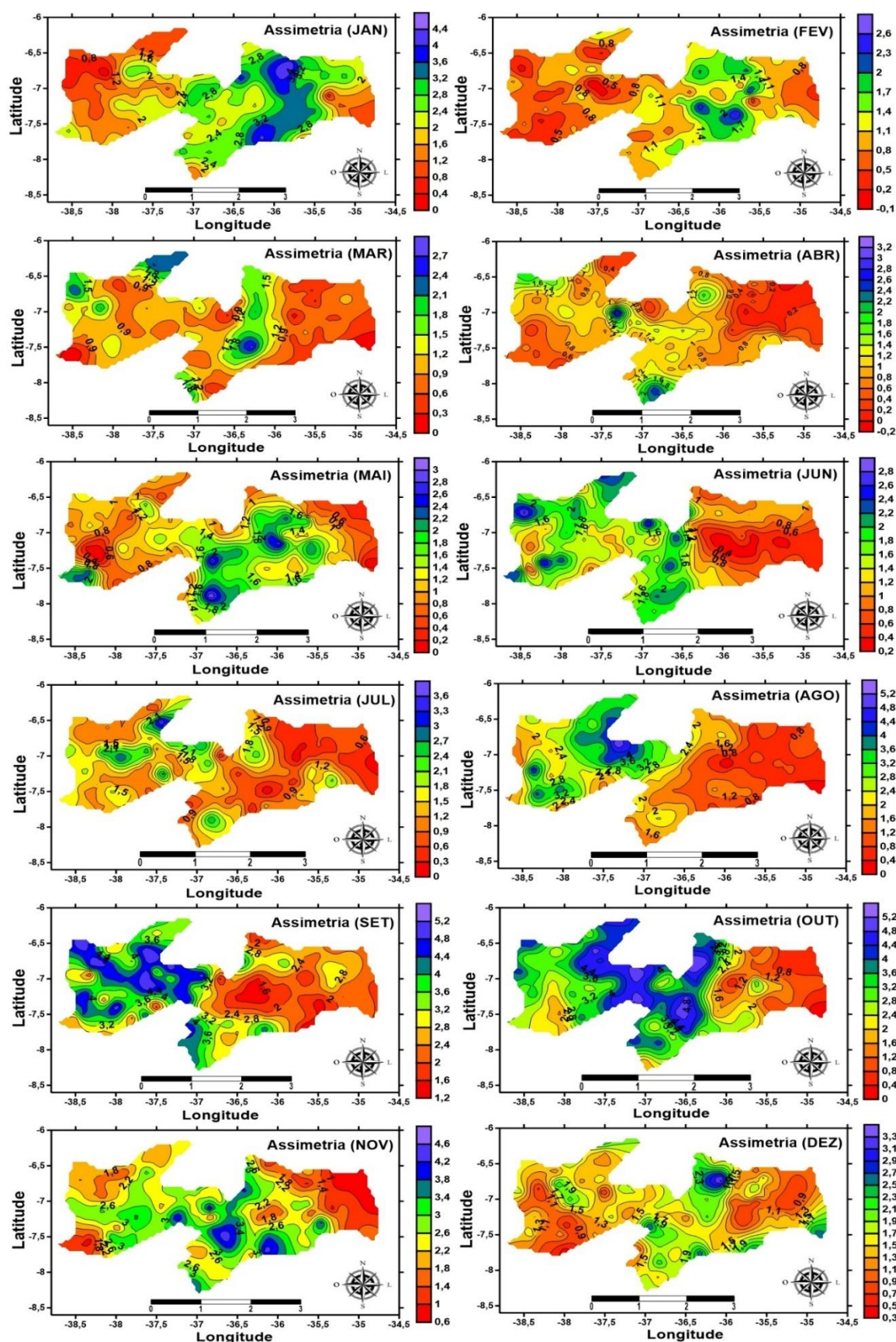


Figura 5: Interpolação do coeficiente de assimetria mensal de 1994-2020.

Na Figura 6, nota-se que os picos dos valores do coeficiente de curtose estão concentrados na parte central do Estado que vão de janeiro a maio. Observou-se também que a partir

de junho os valores mais altos passam a ser encontrados na parte oeste do Estado, onde se encontra o Sertão paraibano.

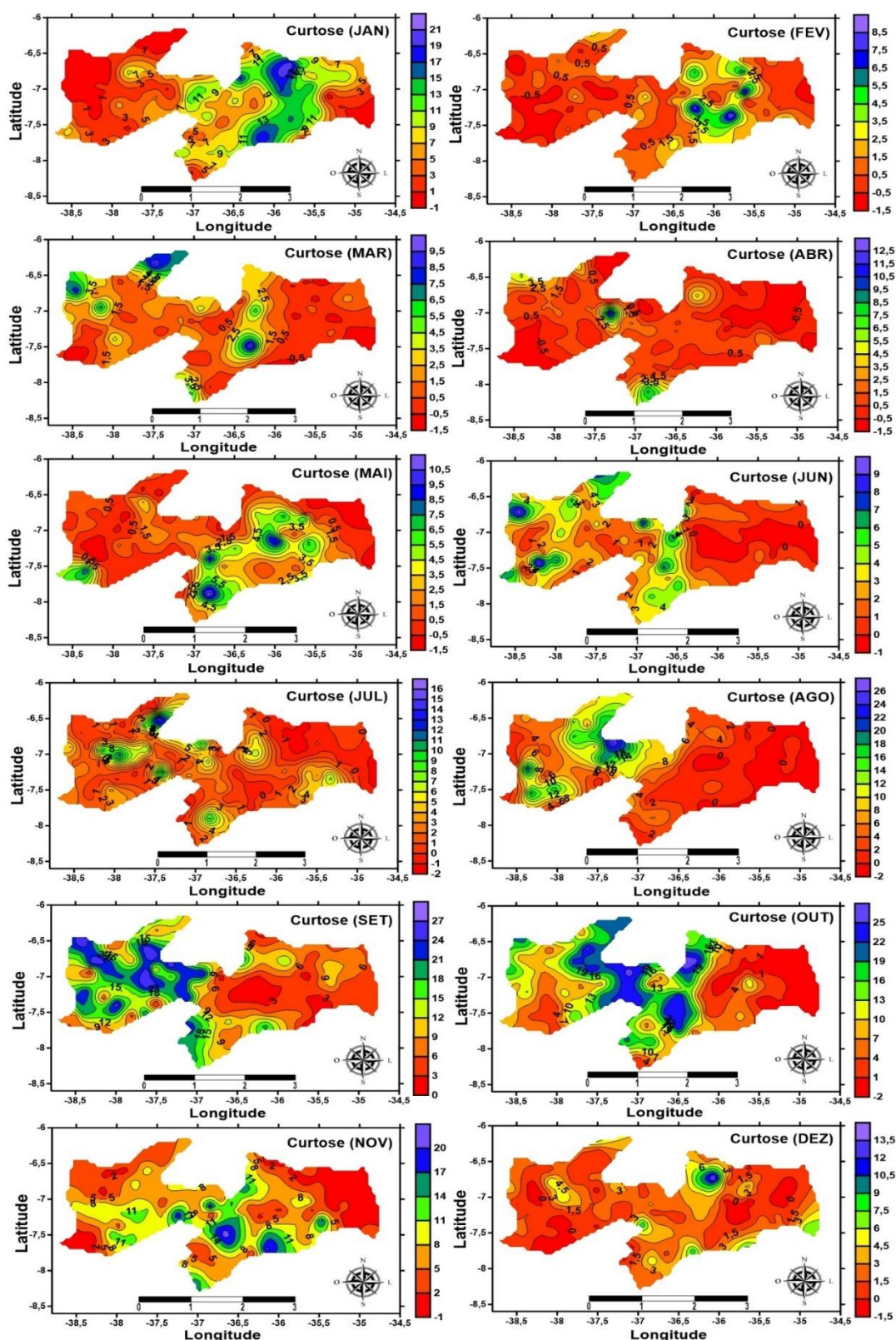


Figura 6. Interpolação do coeficiente de curtose mensal de 1994 a 2020.

O Coeficiente de variação é uma medida que serve para avaliar a homogeneidade de séries históricas. A amostra é considerada mais homogênea quando apresentar menor valor do coeficiente de variação. A Figura 7 mostra que os picos de variação estão nas regiões do Agreste e da Borborema que vai de janeiro a abril. O Sertão se

configura entre as mesorregiões com maior variação no restante do ano. Na Zona da Mata se apresenta homogênea praticamente todo o ano e mostra baixa variação de janeiro a março.

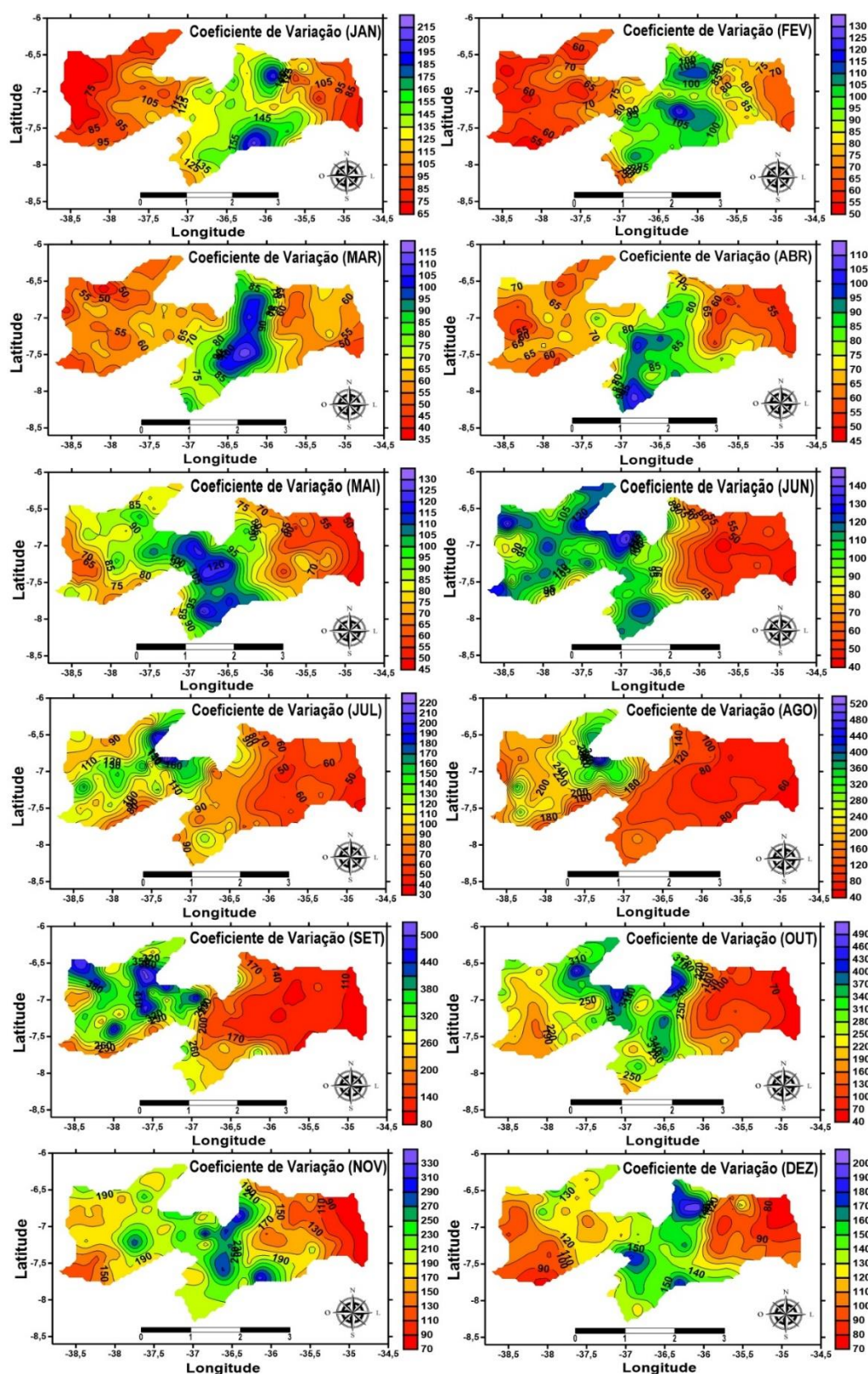


Figura 7. Interpolação do coeficiente de variação mensal 1994 a 2022.

Os cálculos do IPP neste estudo, serão analisados apenas doze postos pluviométricos, Zona da Mata (João Pessoa, Alhandra e Mamanguape), Agreste (Araruna, Campina Grande e Umbuzeiro), Borborema (Picuí,

Taperoá e Monteiro), Sertão (Catolé do Rocha, Cajazeiras e Princesa Isabel), no período de 1994 a 2020 (Figura 8). Aqui foram utilizados apenas às séries temporais de IPP-1, IPP-3, IPP-6 e IPP-12.

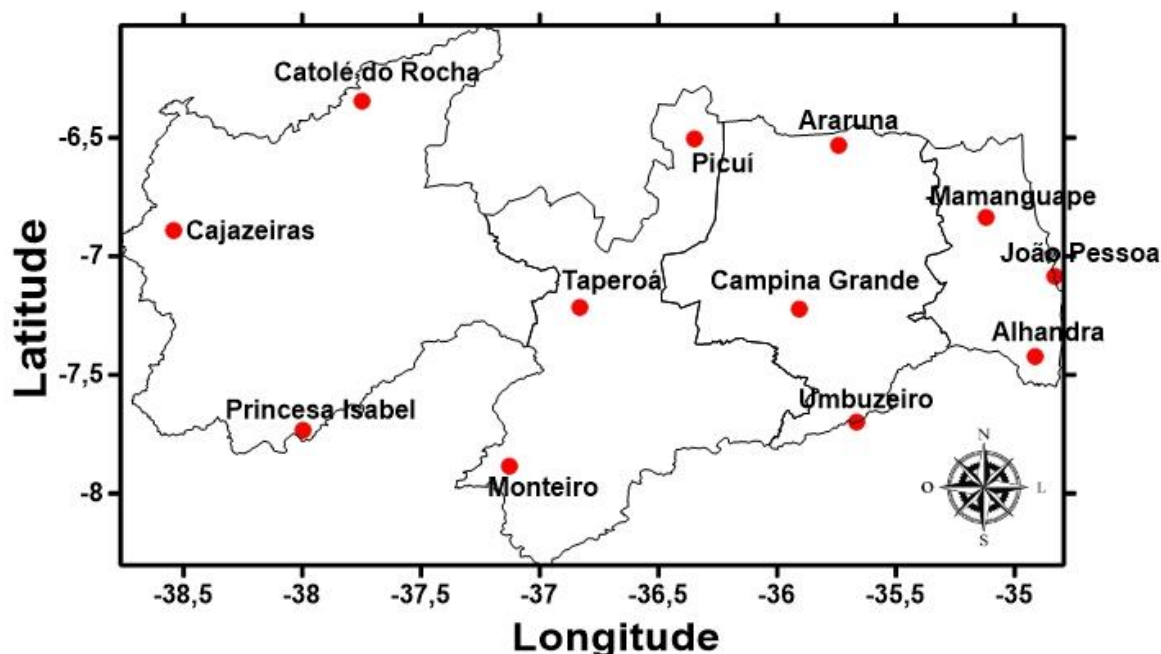


Figura 8. Distribuição dos postos pluviométricos utilizados para análises das evoluções temporais dos IPPs.

Foi então realizadas as análises do IPP para o estado da Paraíba com base na série de 27 anos de dados para as 12 cidades/postos. Os dados pluviométricos coletados destas cidades, estão destacados na Figura 8. Deste modo foram analisados os IPPs 1, 3, 6 e 12 meses, cujos números de ocorrência são apresentados nas Tabelas 6 (períodos secos) e Tabela 7 (chuvosos).

Com base nos dados apresentados pode ser observado que de todos os eventos de diferentes categorias (normal, fraca, moderada, severa e

extrema), nos períodos seco e chuvoso, o maior número de eventos de seca se encontra no IPP-12 em Campina Grande-PB, tendo um total de 237 eventos, e o menor número de eventos se encontra no IPP-12 de João Pessoa-PB e Catolé do Rocha-PB, que tiveram 192 ocorrências em cada município. No período chuvoso, Tabela 5, o maior número de eventos foi encontrado no IPP-1 em Picuí, tendo um total de 266 eventos, e o menor número de eventos se encontra no IPP-12, em Mamanguape, com um total de 209 eventos.

Tabela 6. Análise dos IPPs no período seco.

	Números de eventos de Secas					
		Normal	Fraca	Moderada	Severa	Extrema
Alhandra-PB	IPP-1	126	39	30	14	9
	IPP-3	131	41	25	16	9
	IPP-6	123	46	21	25	3
	IPP-12	118	48	30	11	7
João Pessoa-PB	IPP-1	116	53	25	15	11
	IPP-3	116	34	38	16	8
	IPP-6	109	39	32	20	7
	IPP-12	94	41	33	13	11
Mamanguape-PB	IPP-1	114	49	30	15	8
	IPP-3	136	44	32	14	5
	IPP-6	129	48	28	19	1
	IPP-12	112	63	23	13	5
Araruna-PB	IPP-1	129	49	27	10	6
	IPP-3	120	54	31	9	5
	IPP-6	125	49	28	15	6
	IPP-12	131	41	34	13	4
	IPP-1	127	42	26	17	5
	IPP-3	129	46	28	11	9

Campina Grande-PB	IPP-6	143	47	25	11	8
	IPP-12	155	42	18	13	9
Umbuzeiro-PB	IPP-1	135	52	20	11	4
	IPP-3	121	54	24	15	7
	IPP-6	119	49	35	14	3
	IPP-12	118	42	37	17	1
Picuí-PB	IPP-1	169	36	11	11	0
	IPP-3	120	54	15	14	11
	IPP-6	117	39	24	14	15
	IPP-12	114	32	24	14	17
Taperoá-PB	IPP-1	161	41	19	5	1
	IPP-3	120	56	31	11	4
	IPP-6	120	45	29	19	5
	IPP-12	116	44	16	27	4
Monteiro-PB	IPP-1	165	30	24	4	3
	IPP-3	133	52	21	10	7
	IPP-6	139	42	29	7	10
	IPP-12	120	42	23	13	12
Catolé do Rocha-PB	IPP-1	151	33	18	6	4
	IPP-3	146	43	17	13	7
	IPP-6	119	45	25	13	11
	IPP-12	96	43	28	11	14
Cajazeiras-PB	IPP-1	146	39	13	11	5
	IPP-3	136	54	25	8	6
	IPP-6	125	53	30	13	4
	IPP-12	115	50	35	10	2
Princesa Isabel-PB	IPP-1	138	41	23	11	2
	IPP-3	116	51	32	14	5
	IPP-6	131	33	29	10	14
	IPP-12	122	36	20	9	15

Tabela 7. Análise dos IPPs no período chuvoso.

	Números de eventos de Chuvas					
		Normal	Fraca	Moderada	Severa	Extrema
Alhandra-PB	IPP-1	126	52	35	15	4
	IPP-3	131	51	26	16	7
	IPP-6	123	58	23	13	7
	IPP-12	118	51	24	23	1
João Pessoa-PB	IPP-1	116	46	41	13	4
	IPP-3	116	63	30	10	7
	IPP-6	109	70	26	13	3
	IPP-12	94	75	33	11	2
Mamanguape-PB	IPP-1	114	56	33	15	4
	IPP-3	136	42	30	11	8
	IPP-6	129	43	27	15	9
	IPP-12	112	44	31	19	3
Araruna-PB	IPP-1	129	50	31	17	5
	IPP-3	120	53	28	15	7
	IPP-6	125	47	30	13	6
	IPP-12	131	36	27	21	6
	IPP-1	127	59	31	9	8
	IPP-3	129	55	25	10	9

Campina Grande-PB	IPP-6	143	40	24	7	14
	IPP-12	155	27	22	12	15
Umbuzeiro-PB	IPP-1	135	55	30	11	6
	IPP-3	121	53	26	17	5
	IPP-6	120	47	30	13	8
	IPP-12	118	57	19	12	10
Picuí-PB	IPP-1	169	46	29	19	3
	IPP-3	120	61	29	13	5
	IPP-6	117	57	40	10	3
	IPP-12	114	63	41	8	0
Taperoá-PB	IPP-1	161	41	33	16	7
	IPP-3	120	44	39	12	5
	IPP-6	120	42	37	18	4
	IPP-12	116	55	31	16	4
Monteiro-PB	IPP-1	165	47	26	19	6
	IPP-3	133	50	27	14	8
	IPP-6	139	38	31	18	5
	IPP-12	120	48	39	16	0
Catolé do Rocha-PB	IPP-1	151	71	16	20	5
	IPP-3	146	38	36	16	6
	IPP-6	119	52	38	12	4
	IPP-12	96	59	59	3	0
Cajazeiras-PB	IPP-1	146	59	27	15	9
	IPP-3	136	49	22	14	8
	IPP-6	125	47	23	17	7
	IPP-12	115	49	23	28	1
Princesa Isabel-PB	IPP-1	138	57	32	15	5
	IPP-3	116	48	42	11	3
	IPP-6	131	55	29	15	3
	IPP-12	122	67	27	17	0

Análise temporal do Posto de Alhandra-PB

A série temporal do IPP-1 revela para a estação de Alhandra, Figura 9 (A) um pico de seca de -3,10, correspondente ao mês de maio do ano de 2001. A maior sequência de secas ocorreu na década de 2000. A maior duração de secas moderadas ocorreu nos anos de 1997 e 2016, cerca de 6 meses em ambos os anos. Os valores médios do IPP-1 indicaram intensidades de secas fracas, moderadas e normais, variando de -0,17 a -1,45.

A série do IPP-3, Figura 9 (B), nos mostra secas fracas, moderadas e normais com um pico de -2,58 em agosto de 2016 e apresenta valor médio do IPP-3 de -1,39, com duração de 6 meses.

O IPP-6 revela um pico de seca moderada Figura 9 (C), com valor igual a -2,64 observado no mês de março de 2005 que foi equivalente a uma

seca severa, com duração de cinco meses e valor médio de -1,82. A maior duração de secas moderadas ocorreu de 1997 até 1999, com duração de 16 meses e valor médio de -1,15.

Observando atentamente percebe-se que o IPP-12 apresenta menos picos e os períodos de seca são mais prolongados. No IPP-12 (Figura 9 (D)) a maior seca registrada teve duração de 33 meses, de setembro de 1997 a maio de 2000, cujo pico foi de -3,17, registrado em junho de 1998. Desse longo período de estiagem, o IPP-12 registrou seca extrema em 3 meses (maio, junho e julho) de 1998 e 4 meses de 1999 (junho, julho, agosto e setembro).

Outro período importante ocorreu de junho de 2001 a fevereiro de 2003, caracterizando 21 meses de seca, porém não apresentando meses de secas severa ou extrema.

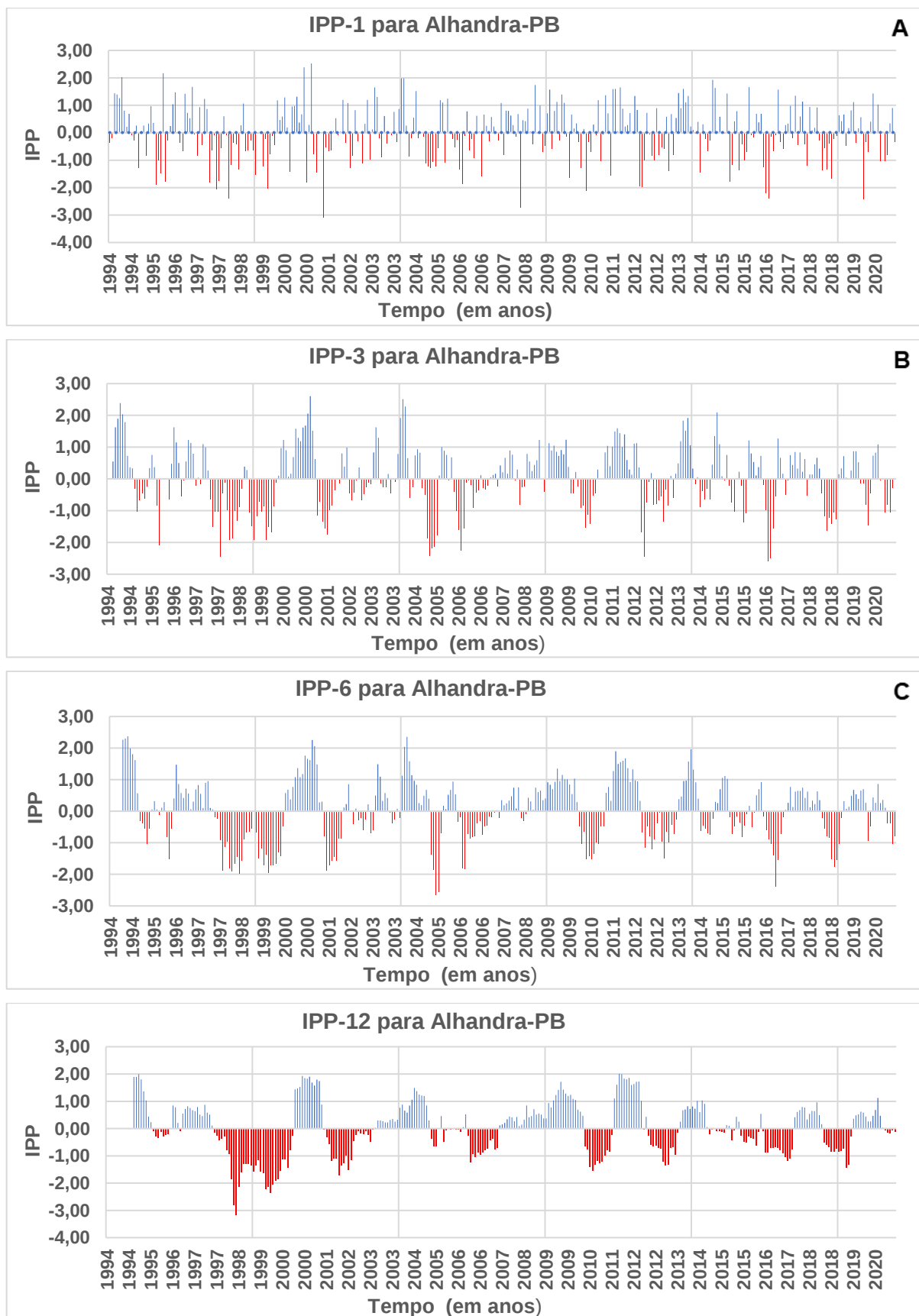


Figura 9. Evolução temporal do IPP-1 (A), IPP-3 (B), IPP-6 (C) e IPP-12 (D) para a estação/posto pluviométrico Alhandra-PB.

Análise temporal do Posto de João Pessoa-PB

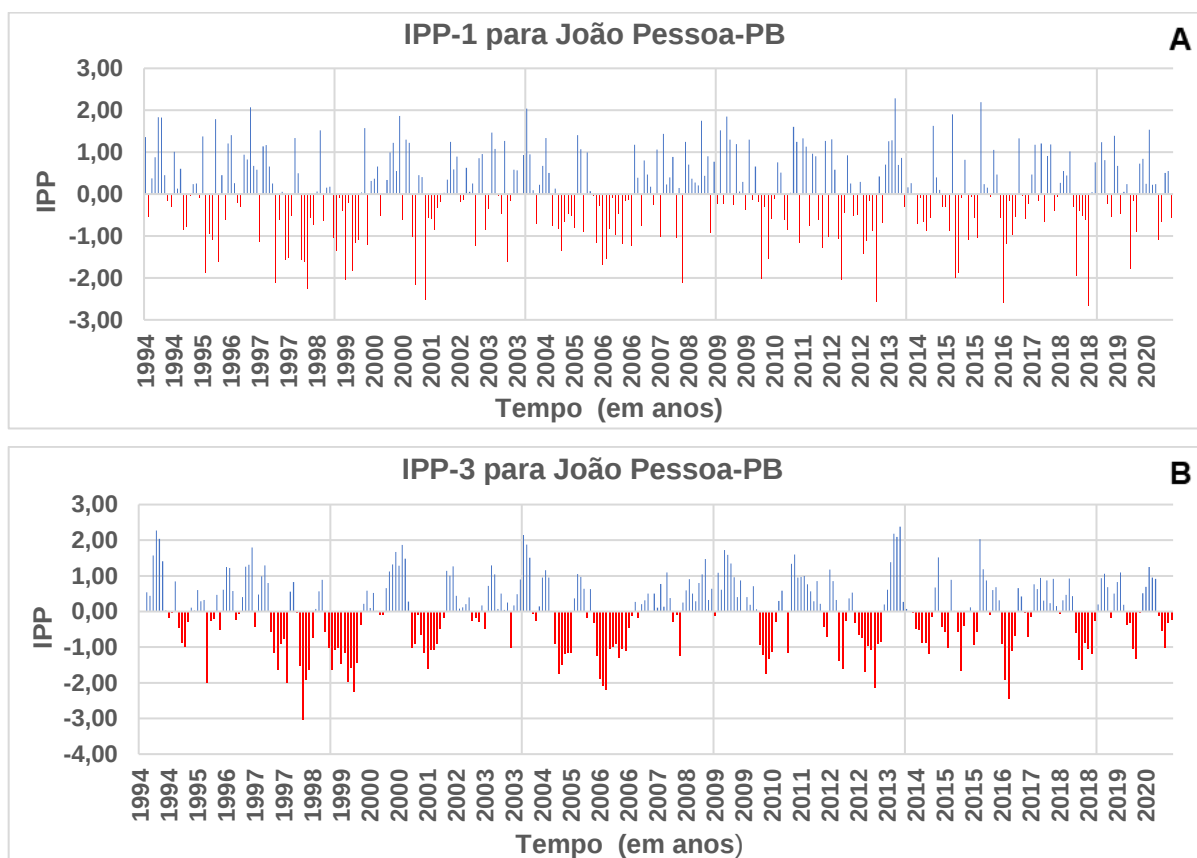
Na Figura 10 (A) a série temporal do IPP-1 revela maior período de seca fraca, com duração de 13 meses, com um pico de -1,67 correspondendo ao mês de janeiro de 2006. Porém dentre as secas moderadas, identificadas pelo valor médio do IPP-1, a de maior pico, -2,67, esteve presente na seca de 6 meses que foi de maio a outubro de 2018. A seca moderada de maior duração, 9 meses, teve início em 1998 e final em 1999, com valor de pico de -2,04. Os valores do IPP-1 revelaram a existência de sete secas fracas e moderadas com intensidade variando de -0,57 a -1,35.

Na Figura 10 (B) o IPP-3 há ocorrências de 10 períodos de secas moderadas, com as duas maiores ocorrendo de novembro de 1998 a outubro de 1999, com duração de 12 meses e valor médio de -1,30, e a outra de novembro de 2005 a novembro de 2006, com duração de 13 meses e valor médio de -1,14.

O IPP-6 revelou apenas 4 ocorrências de secas moderadas, conforme verificado na Figura 10 (C). Houve três secas de maiores períodos, de 1997 a 2002, uma de 18 meses que teve início em junho

de 1997 e final em novembro de 1998 com pico de -1,95 e com valor médio de -0,97, classificando-a como seca fraca, outra que durou 12 meses, e teve início em fevereiro de 1999 e foi até janeiro de 2000, com pico de -2,37 e com valor médio de -1,67, classificando-a como seca severa. A seguinte teve início em fevereiro de 2001 e estendeu até janeiro de 2002, durando 11 meses com pico de -1,76 e tendo seu valor médio de -0,99, sendo classificado esse período como ocorrência de seca fraca.

O período prolongado de seca, de acordo com o IPP-12 (Figura 10 (D)) ocorreu de setembro de 1997 e junho de 2000, com duração de 34 meses, com pico de -2,76 e tendo seu valor médio de -1,49, sendo classificado como seca moderada. Desse longo período de seca, é percebido que o IPP-12 registrou seca severa em 4 meses de abril a julho de 1998 e em 6 meses em 1999 que foi de julho a dezembro. Outro período de seca que se destaca teve duração de 22 meses, de julho/2014 a abril/2016, com valor médio de -0,62 (seca fraca).



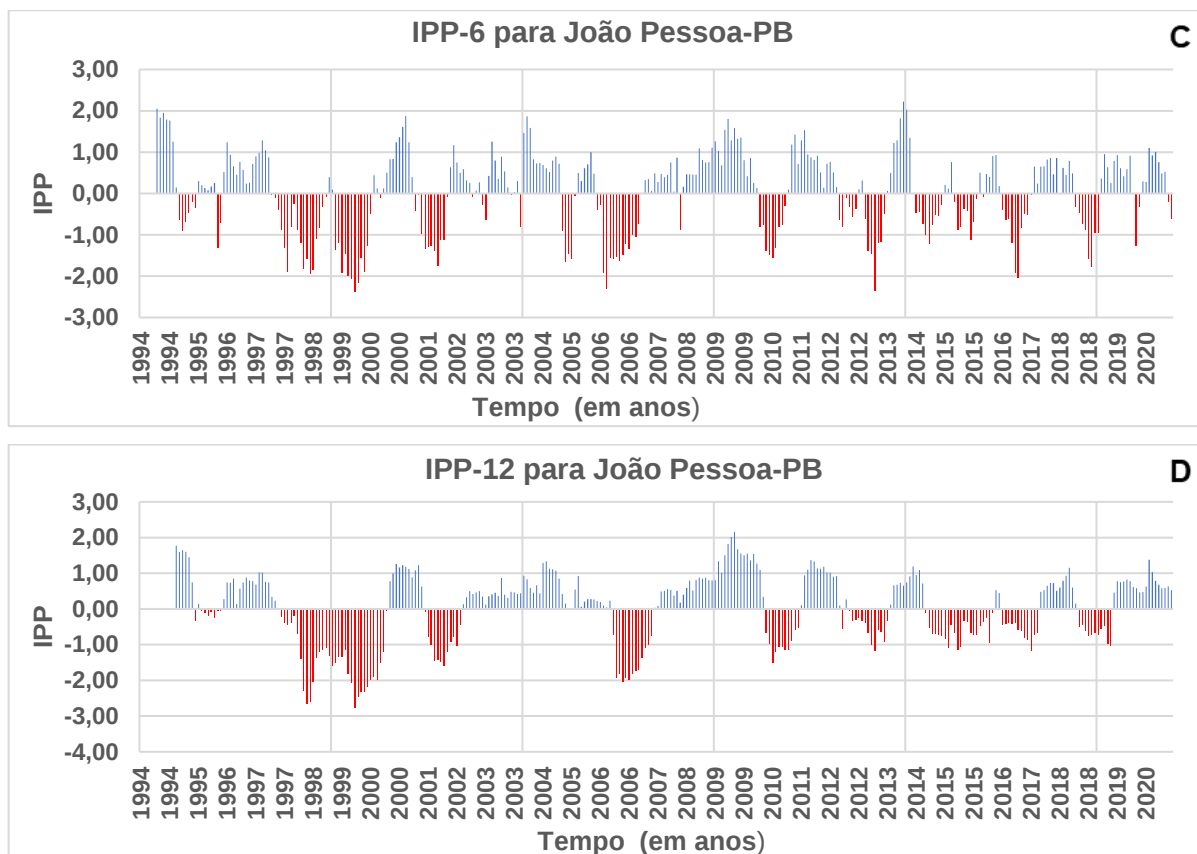


Figura 10. Evolução temporal do IPP-1 (A), IPP-3 (B), IPP-6 (C) e IPP-12 (D) para a estação/posto pluviométrico João Pessoa-PB.

Análise temporal do Posto de Mamanguape-PB

A Figura 11 (A) exibe a distribuição temporal do IPP-1 ao longo dos meses na estação de Mamanguape - PB, nela pode ser visto que o maior pico, -3,36, seca severa, se refere ao mês de abril de 2012. As maiores durações de secas moderadas estão nos anos de 1997 (6 meses) entre 1998/1999 (6 meses), 2014 (6 meses) e 2018 (6 meses). Os valores médios do IPP-1 variaram entre -0,45 e -167. Foram identificadas nove secas moderadas e apenas uma seca severa com duração de 3 meses, com início em 2012.

A série temporal do IPP-3 (Figura 11 (B)) revelou o maior pico de secas moderadas, -2,22, em maio de 2012, com o valor médio de -0,86, classificando o período como de seca fraca. Os maiores períodos de secas ocorreram nos anos de

1998/1999, duração de 12 meses (valor médio de -0,98, seca fraca), 2001 com duração de 11 meses (valor médio de -1,16, seca moderada) e 2012/2013, que durou 10 meses, (valor médio de -1,02, seca moderada).

O IPP-6 Figura 11 (C) identificou que os maiores períodos de secas e valores médios estão nos anos de 1997/1998 (14 meses, seca fraca), 1999 (12 meses, seca moderada), 2001/2002 (12 meses, seca moderada), 2005/2006 (13 meses, seca fraca) e 2010 (10 meses, seca fraca).

O IPP-12 Figura 11 (D) mostra um período de seca de 32 meses que vai de outubro/1997 a maio/2000, sendo o maior desse índice, com pico de -2,62, tendo o valor médio em torno de -1,13 (seca moderada).

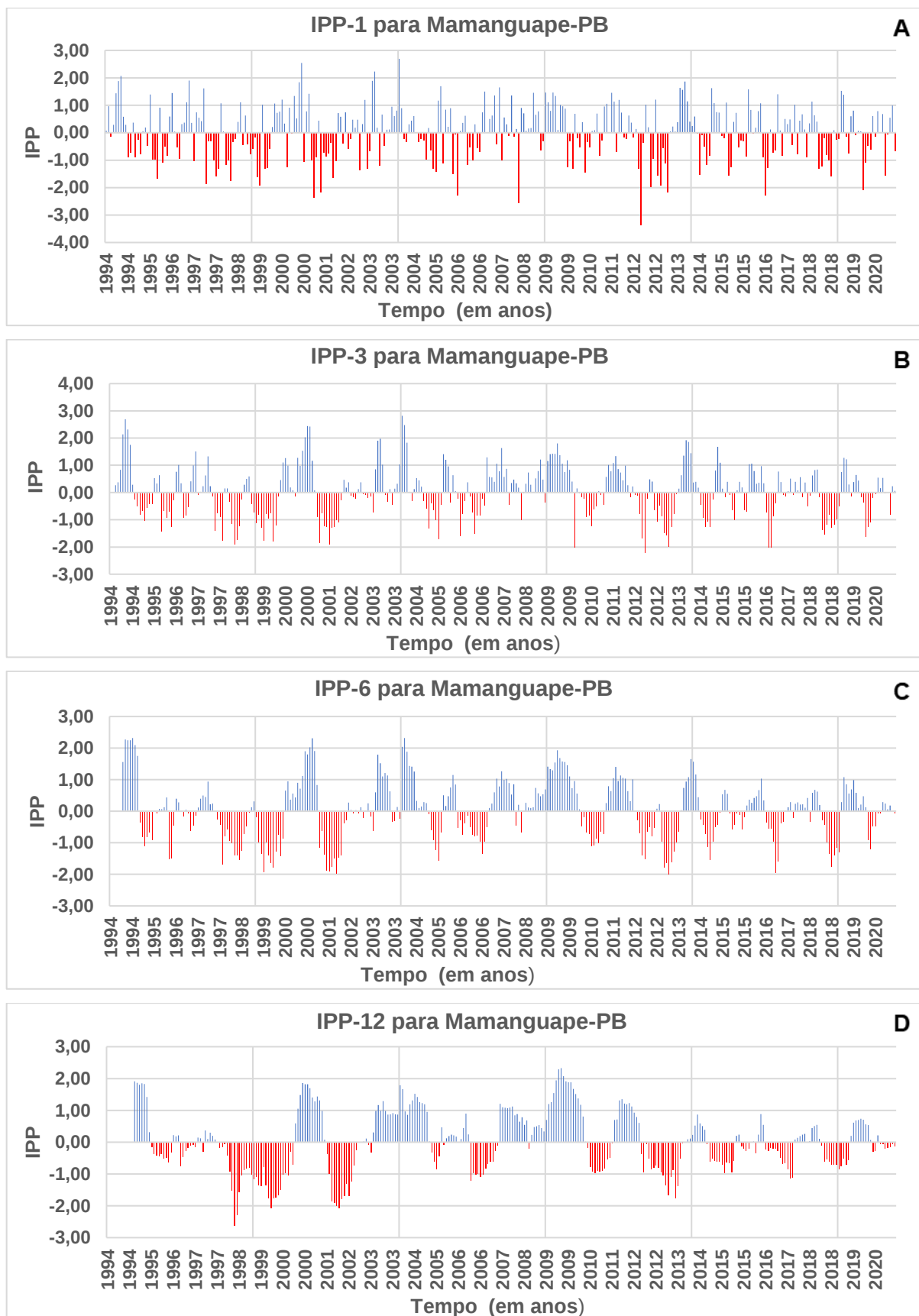


Figura 11. Evolução temporal do IPP-1 (A), IPP-3 (B), IPP-6 (C) e IPP-12 (D) para a estação/posto pluviométrico Mamanguape-PB.

Análise temporal do Posto de Araruna-PB

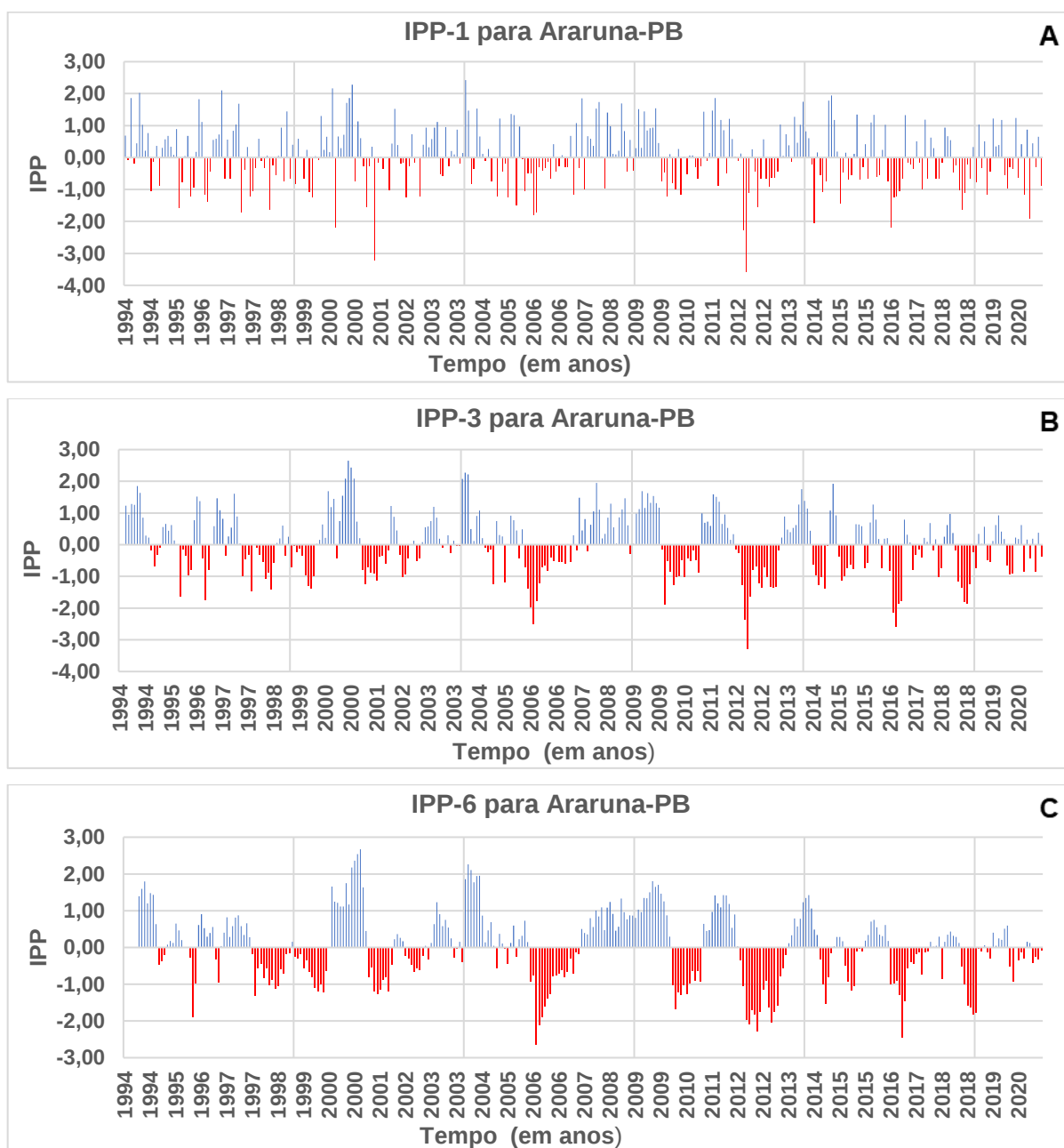
A série da estação de Araruna, Figura 12 (A) mostra o maior pico de seca severa (-3,57) em abril de 2012. A maior duração das secas moderadas foi em 2016, com 6 meses, mas o maior período de seca foi de 11 meses entre 2005/2006, com pico de -1,71, e valor médio de 0,67 (seca fraca).

Os valores médios do IPP-3 Figura 12 (B) indicaram a ocorrência de duas secas moderadas, variando sua intensidade de -1,18 e -1,08 respectivamente.

A série temporal do IPP-6 para Araruna, Figura 12 (C), mostra o maior pico de (-2,64) no mês de fevereiro de 2006 e valor médio -1,02 no

período de 2005 a 2007, que foi o período de maior duração de secas (18 meses), seguido pela seca de 2012 a 2013 que foi 17 meses, com pico de (-2,28) e valor médio de -1,39.

Os valores do IPP-12 na série temporal da Figura 12 (D) indica a ocorrência do maior período de seca com um pico de (-1,63) no mês de maio de 1998. Esta seca teve início em 1998 e final em 2000, com duração de 23 meses e intensidade -0,88. Mostra também outros longos períodos de secas como os de 2001 a 2003 de 19 meses, 2012 a 2013 também com 19 meses e 2016 a 2018, com 20 meses.



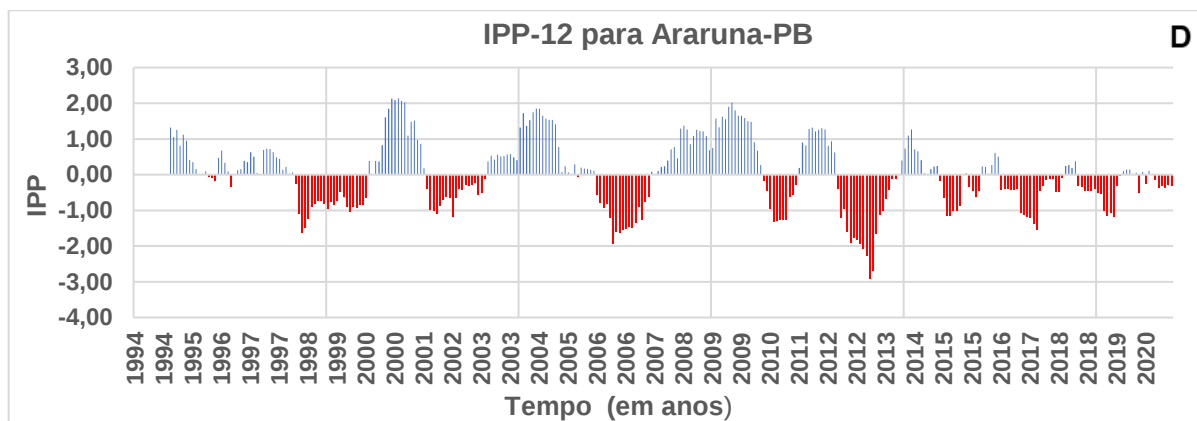
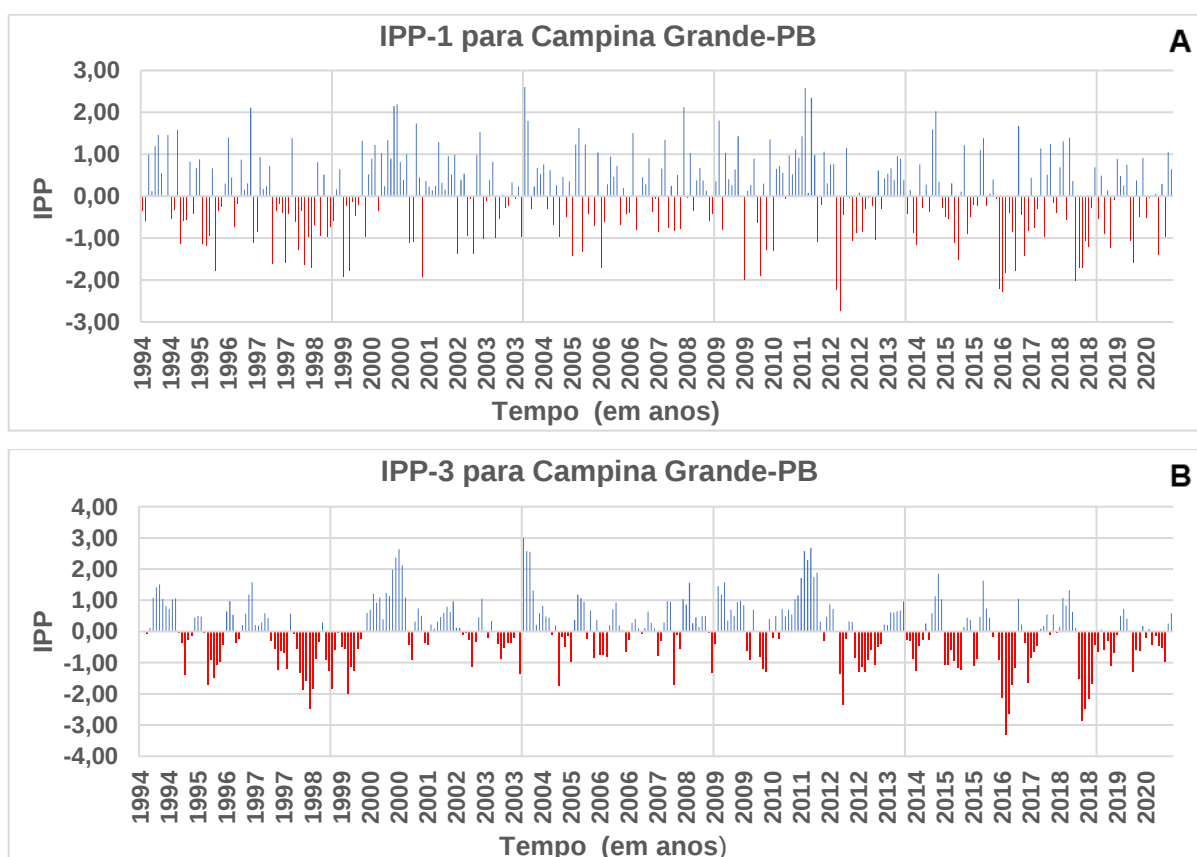


Figura 12. Evolução temporal do IPP-1 (A), IPP-3 (B), IPP-6 (C) e IPP-12 (D) para a estação/posto pluviométrico Araruna-PB.

Análise temporal do Posto de Campina Grande-PB

O IPP-1 de Campina Grande, Figura 13 (A) mostrou as maiores sequência de meses de seca nos anos de 1997, 1998, 1999, 2016 e 2018. Na escala IPP-3 Figura 13 (B) os maiores eventos de seca ocorreram nos anos de 1998 com 9 meses de duração (seca moderada) e de 1998 a 1999 com o período de 13 meses (seca fraca). A série temporal do IPP-6, Figura 13(C) mostra uma seca moderada de 31 meses que inicia em junho de 1997 e vai até

dezembro de 1999, com pico de -2,48, e valor médio de -1,06. O IPP-12, Figura 13 (D) mostra um período de seca de 33 meses iniciando em agosto de 1997 e terminando em abril de 2000, com pico de -2,25, e valor médio de -1,26 (seca moderada), mas os maiores períodos de seca se encontram entre julho de 2012 a março de 2016, com 45 meses (normal), de junho de 2016 a janeiro de 2018, 20 meses (moderada), e de julho de 2018 até dezembro de 2020, com 30 meses (fraca).



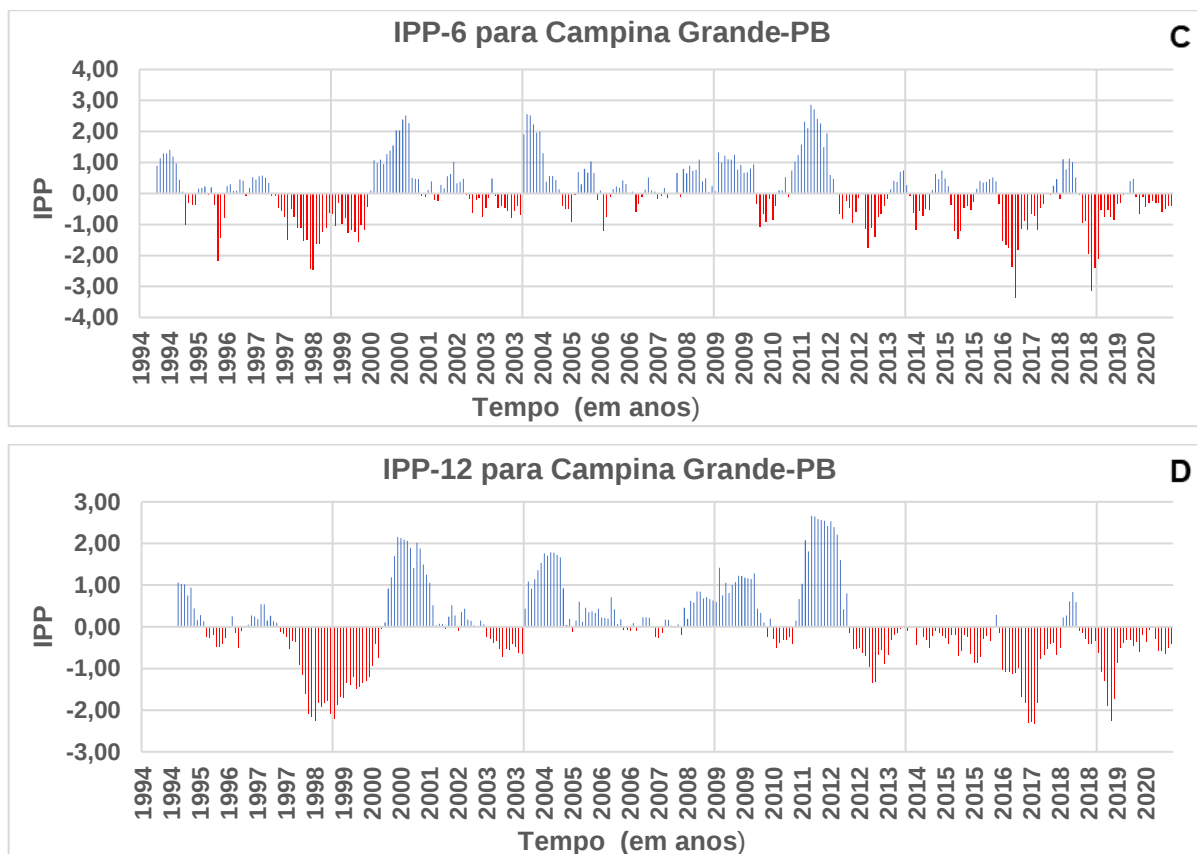


Figura 13. Evolução temporal do IPP-1 (A), IPP-3 (B), IPP-6 (C) e IPP-12 (D) para a estação/posto pluviométrico Campina Grande-PB.

Análise temporal do Posto de Umbuzeiro-PB

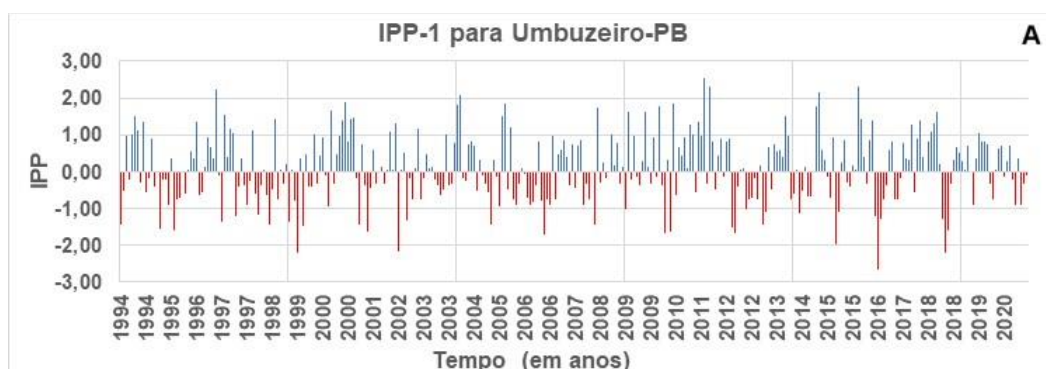
A série de Umbuzeiro para o IPP-1, Figuras 14 (A) apresentou o maior pico, -2,68, verificado no mês de julho de 2016. Apresentou apenas duas sequências de secas moderadas, sendo a maior no ano de 2016, com duração de 5 meses, com valor médio de -1,26.

O IPP-3 Figura 14 (B) mostra que ocorreram 3 períodos de secas moderadas para esse índice, e o período de maior seca moderada foi de 14 meses (abril de 2012 a maio de 2013). Apresentou também um período de seca severa no ano de 2016 com duração de 5 meses.

O IPP-6, Figura 14 (C), mostra as maiores sequências de secas nos anos de 1997/1999, 27

meses, 2002/2003, com 18 meses, 2005/2007, 15 meses, 2012/2013, com 16 meses, 2016/ 2017, 12 meses. Todas elas, segundo seus valores médios, foram classificadas como sendo secas fracas. Além disso, apresenta duas sequências de secas moderadas, uma que inicia em março de 1995 a março de 1996, com 13 meses, e a outra sequência que foi de agosto de 2018a fevereiro de 2019.

Fazendo a análise do IPP-12, Figura 14 (D), pode-se perceber que esse índice apresenta longos períodos de secas, o maior deles se estendendo de fevereiro de 1998 até março de 2000, 26 meses, com pico sendo de -2,08, e o valor médio de -1,39, classificando esse período como de seca moderada.



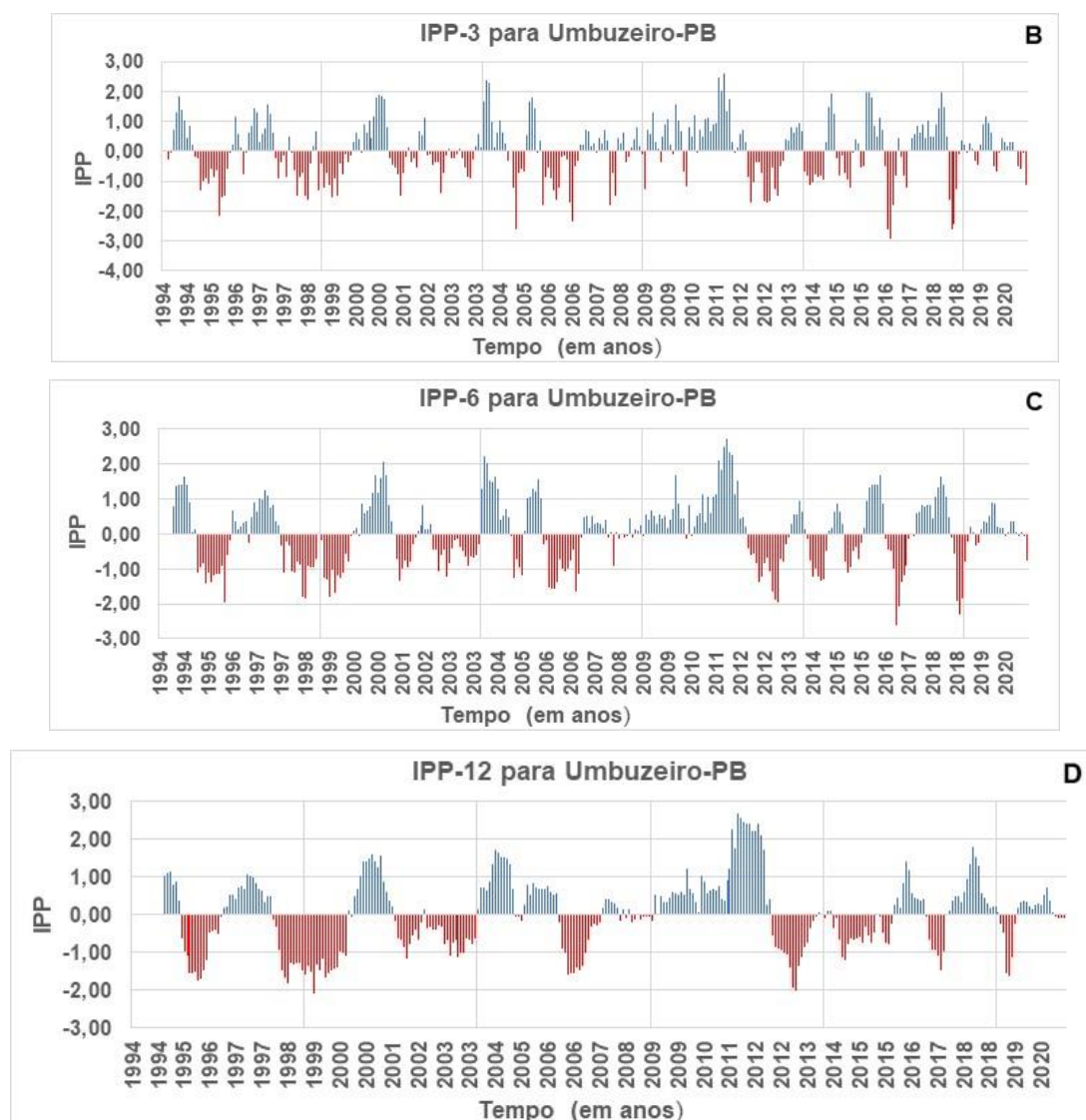


Figura 14. Evolução temporal do IPP-1 (A), IPP-3 (B), IPP-6 (C) e IPP-12 (D) para a estação/posto pluviométrico Umbuzeiro-PB.

Análise temporal do Posto de Picuí-PB

A série do IPP-1 de Picuí, Figura 15 (A), apresentou 3 sequências de secas moderadas, duas delas com valores máximos de -1,79, e valores médios de -1,30 (1997), e -1,19 (1998). A maior sequência de secas moderadas ocorreu de janeiro a junho de 1998, teve outra sequência de 6 meses, mas essa foi considerada como seca fraca, tendo um valor médio de 0,63. Apresentou também uma seca severa de 3 meses em 2012, com valor médio de -1,56.

A série temporal do IPP-3 mostra uma seca severa entre os anos 1997/98 com pico de -3,55 no mês de agosto de 1997, como mostra a Figura 15 (B). Essa seca iniciou em julho de 1997 e findou em novembro de 1998, com duração de 17 meses e valor médio em torno de -1,53. Em seguida ocorreu uma seca fraca no ano de 1999, com duas sequências de seca, uma de 3 e outra de 4 meses e valor médio de -0,68. Outro longo período de seca

é observado entre os anos de 2012 e 2013, com duração de 17 meses, sendo classificado como de seca moderada com valor médio de -1,24.

A série temporal do IPP-6 mostra uma seca extrema entre os anos 1997/98 com pico de -3,72, e uma seca severa com pico de (-2,63) em setembro de 2012 como se pode ver na Figura 15 (C). A seca extrema teve início em outubro de 1997 e terminou em dezembro de 1998, perdurando por 15 meses e apresentando um valor médio de -2,24, a seca severa iniciou em março de 2012 e perdurou por 20 meses, até 2013, apresentando intensidade de -1,54.

O IPP-12 Figura 15 (D) apresentou duas sequências de secas severas, uma com pico de -3,51, em junho de 1998, essa seca teve início em 1998 e findou em 2000, perdurando por 23 meses, e a outra com pico de -3,28 e valor médio de -1,60 que ocorreu entre 2012 e 2014, durando 25 meses.

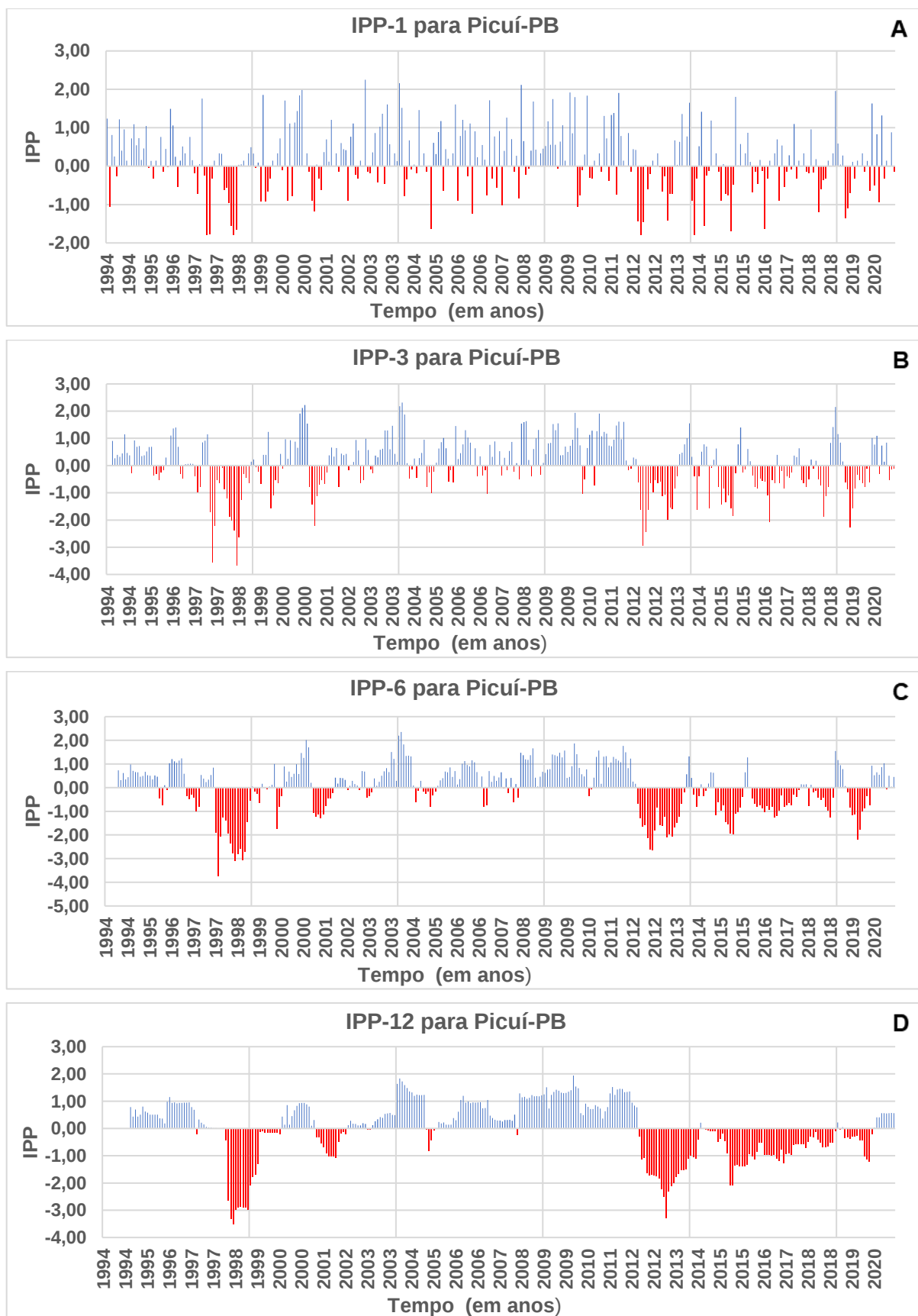


Figura 15. Evolução temporal do IPP-1 (A), IPP-3 (B), IPP-6 (C) e IPP-12 (D) para a estação/posto pluviométrico Picuí-PB.

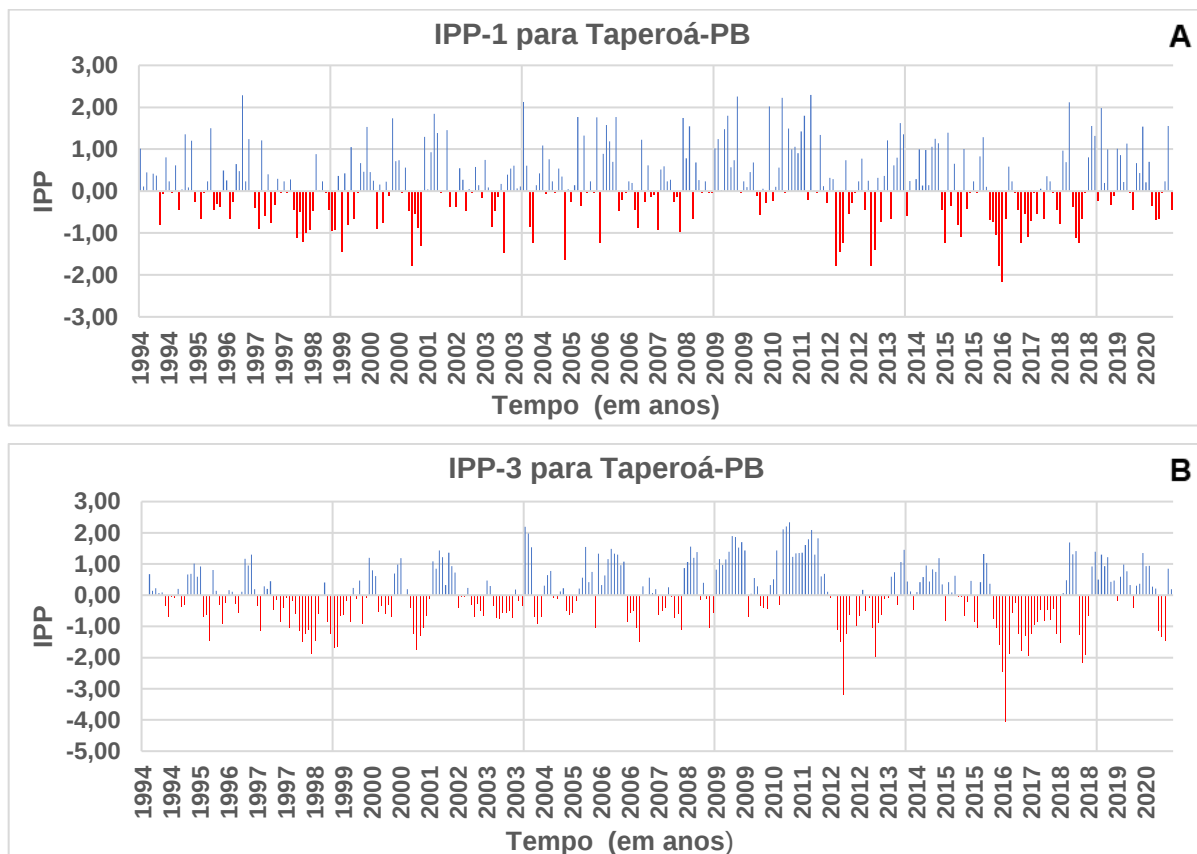
Análise temporal do Posto de Taperoá-PB

Na Figura 16 (A), é possível observar os resultados do IPP-1. Secas moderadas aconteceram em 2001 e 2016, com duração de 5 e 6 meses, respectivamente; todas as outras secas identificadas pelo IPP-1 foram classificadas como fracas ou normais. Nesse IPP, devido à análise ser de poucos meses, na maioria das vezes, a duração das secas serão menores do que nos outros IPPs, consequentemente, se a duração for menor, existe uma grande possibilidade, dos impactos das secas também serem menores.

Considerando o IPP-3, Figura 16 (B), verificou-se que os maiores períodos de secas foram de 1997 a 1998, durando 16 meses, de 2016 até 2018, perdurando por 22 meses. E ocorreram duas sequências de secas severas, uma foi de março a julho de 2012, com um pico de -3,20, e valor médio de -1,53, e a outra foi de julho a outubro de 2018, tendo um pico de -2,16 e valor médio de -1,50.

Com relação ao IPP-6, Figura 16 (C), pode-se ver que ocorreram 5 secas moderadas, em que as 3 maiores sequências aconteceram entre setembro de 1997 até setembro de 1999; de março de 2012 a outubro de 2012; e abril de 2016 a março de 2018, com duração de 25, 20 e 22 meses, respectivamente o resto das secas registradas no IPP-6 foram classificadas como sendo fracas e normais.

Na Figura 16 (D), podemos observar os resultados para o IPP-12. Verifica-se que apenas duas secas foram identificadas nessa escala, ambas moderadas. Uma aconteceu entre maio de 2012 e abril de 2014; a outra teve início em abril de 2016 e terminou em março de 2018, ambas com 24 meses de duração. O maior período de seca foi registrado em junho de 1997 e se prolongou até janeiro de 2002, durando 56 meses, as outras secas foram consideradas fracas e normais.



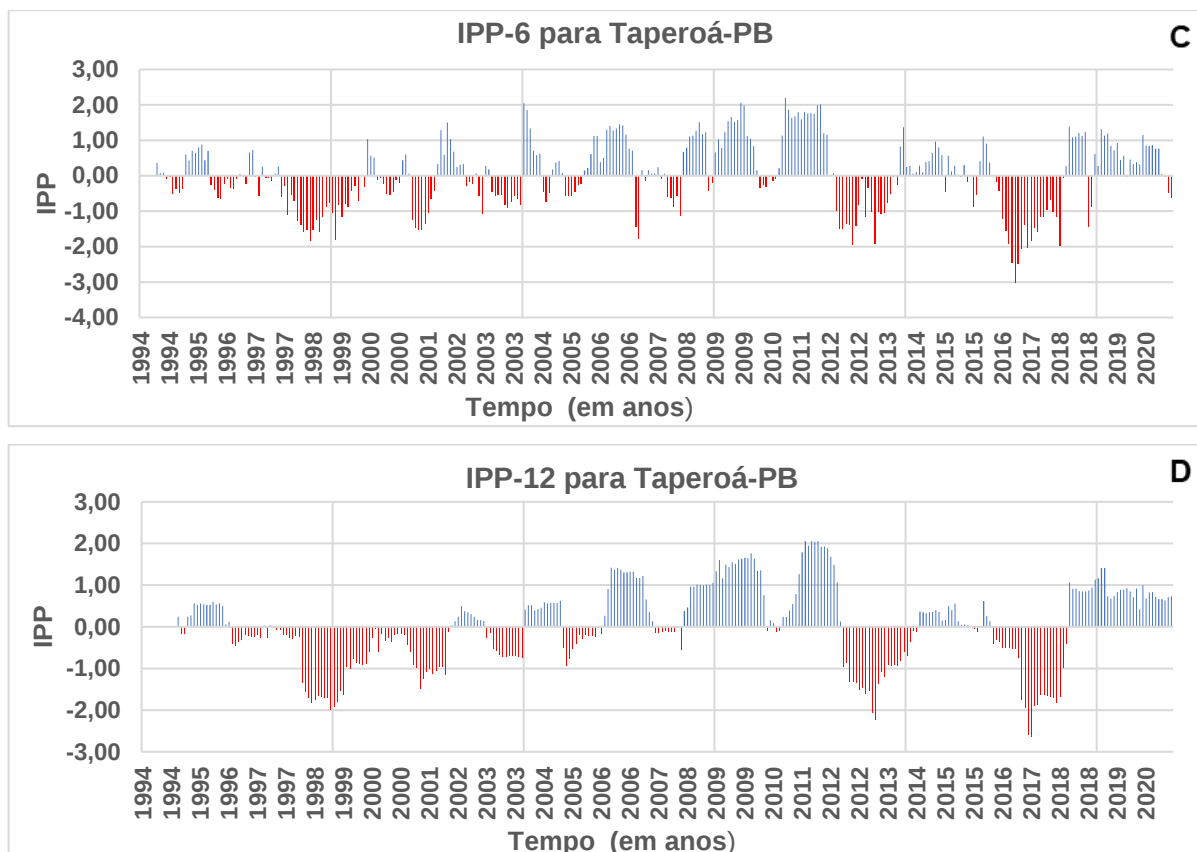


Figura 16. Evolução temporal do IPP-1 (A), IPP-3 (B), IPP-6 (C) e IPP-12 (D) para a estação/posto pluviométrico Taperoá-PB.

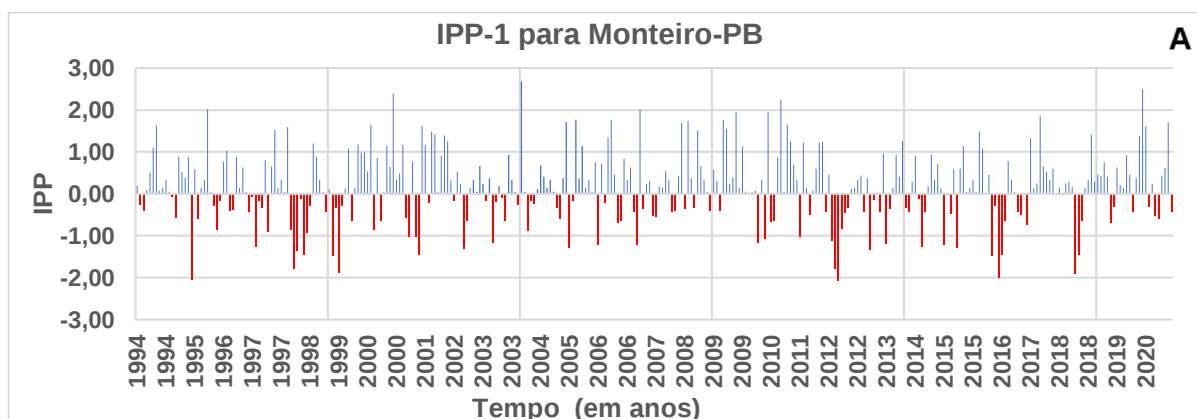
Análise temporal do Posto de Monteiro-PB

Na evolução temporal IPP-1 referente a estação de Monteiro (Figura 17 (A)) nota-se a predominância de secas fracas e normais, tendo apenas 3 secas moderadas nos anos de 2012; 2016 e 2018, sendo seus picos de (-2,08, -2,00, -1,89) e com durações de 6, 5 e 3 meses, respectivamente.

Os valores do IPP-3 revelaram o maior pico de secas moderadas (-3,50) em agosto de 2016 (Figura 17 (B)), com valor médio de -1,21 e duração de 12 meses. Ocorreu também uma seca severa em 1998 com duração de 6 meses.). Os

valores do IPP-6 Figura 17 (C) revelam 5 eventos de secas moderadas, sendo as duas maiores entre os anos de 1998/1999 e 2012/2013, com durações de 21 e 22 meses. Uma seca moderada ocorreu entre de 2016/2017, durando 13 meses, e foi a que atingiu o maior pico, -3,04, com intensidade de -1,24.

Para o IPP-12 (Figura 17 (D)) os valores obtidos mostram que ocorreram dois eventos de secas moderadas, uma entre 1998/2000 e a outra entre 2012/2014, ambas tendo duração de 25 meses.



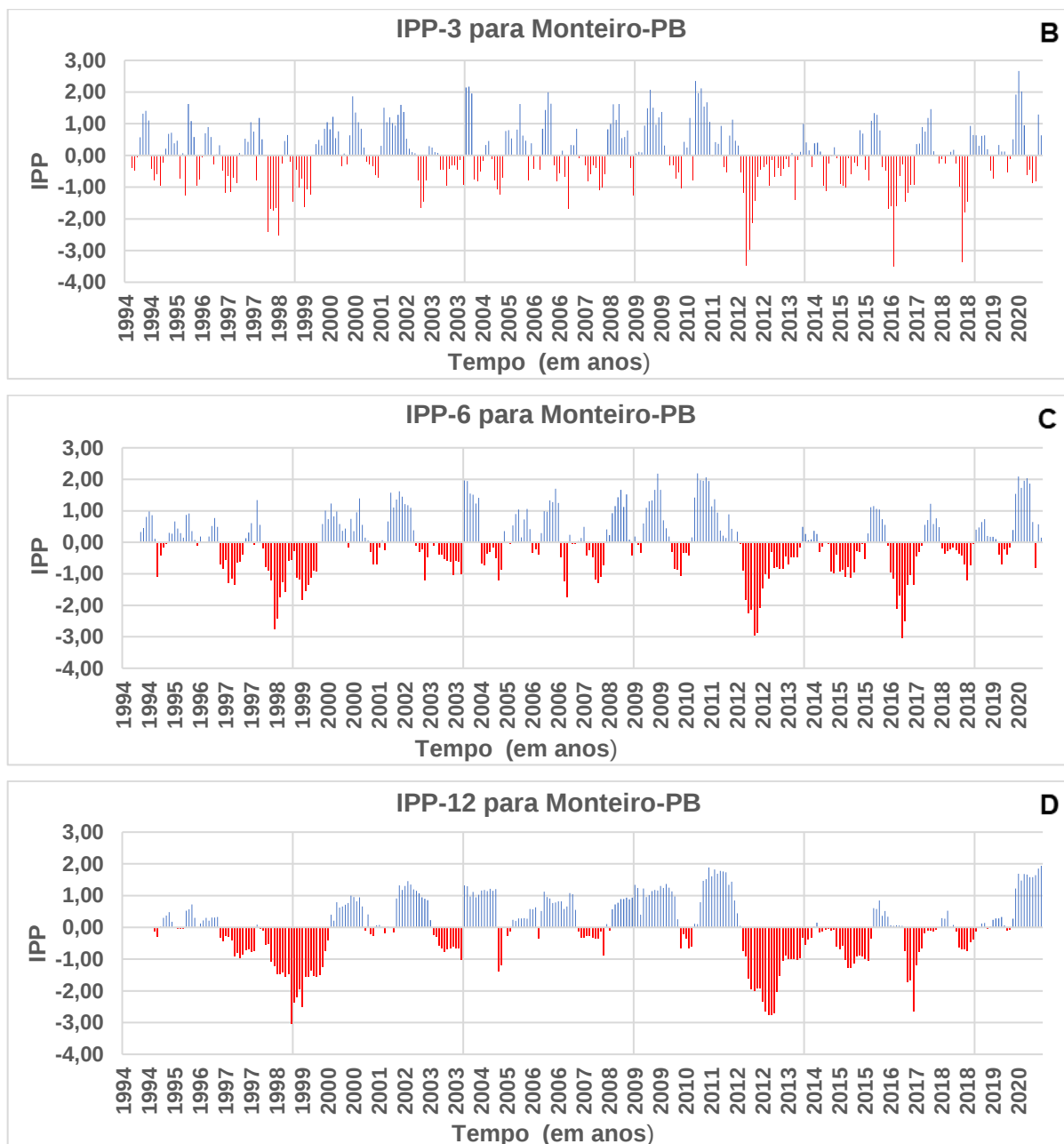


Figura 17. Evolução temporal do IPP-1 (A), IPP-3 (B), IPP-6 (C) e IPP-12 (D) para a estação/posto pluviométrico Monteiro-PB.

Análise temporal do Posto de Catolé do Rocha-PB

Na série temporal do Posto de Catolé do Rocha, verifica-se no IPP-1 o maior pico de seca severa de (-3,47) em abril de 1998, conforme Figura 18 (A). A duração da seca moderada mais longa para o IPP-1 se encontra no ano de 2012, que vai de março a agosto. A intensidade dos valores médios revelou uma variação de -1,01 a -1,20 para as secas moderadas.

A Figura 18 (B) mostra que o SPI-3 apresenta um pico de seca extrema de -4,00, correspondente ao mês de junho de 1998. Essa seca teve duração de 8 meses, com valor médio de -2,03.

A maior seca moderada foi identificada durante os anos de 2012 e 2013, com duração de 16 meses, tendo valor médio de -1,08.

No IPP-6 Figura 18 (C) pode-se ver que ocorreram 23 períodos de secas moderadas (1997/99; 2001; 2012/13), tendo picos de (-3,39); (-1,64); (-3,62), e durações de 32, 9 e 19 meses. O maior período de seca detectado foi de 33 meses, que ocorreu de 2015 a 2017, sendo classificada como seca fraca.

O IPP-12 Figura 18 (D) apresenta o maior período de seca moderada que foi de 33 meses entre os anos de 1997 a 1999, com pico de -3,62, e valor médio de -1,37.

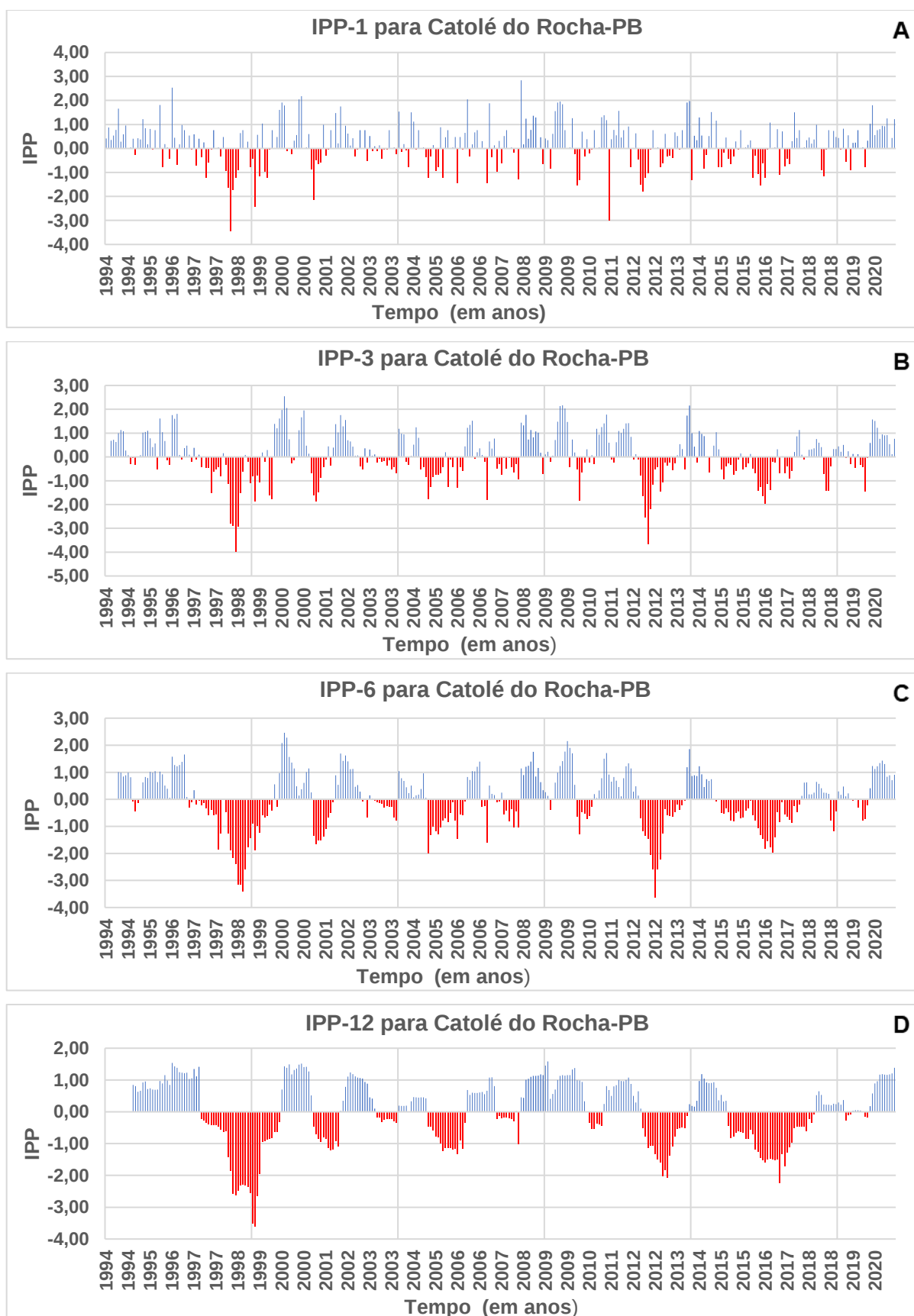


Figura 18. Evolução temporal do IPP-1 (A), IPP-3 (B), IPP-6 (C) e IPP-12 (D) para a estação/posto pluviométrico Catolé do Rocha-PB.

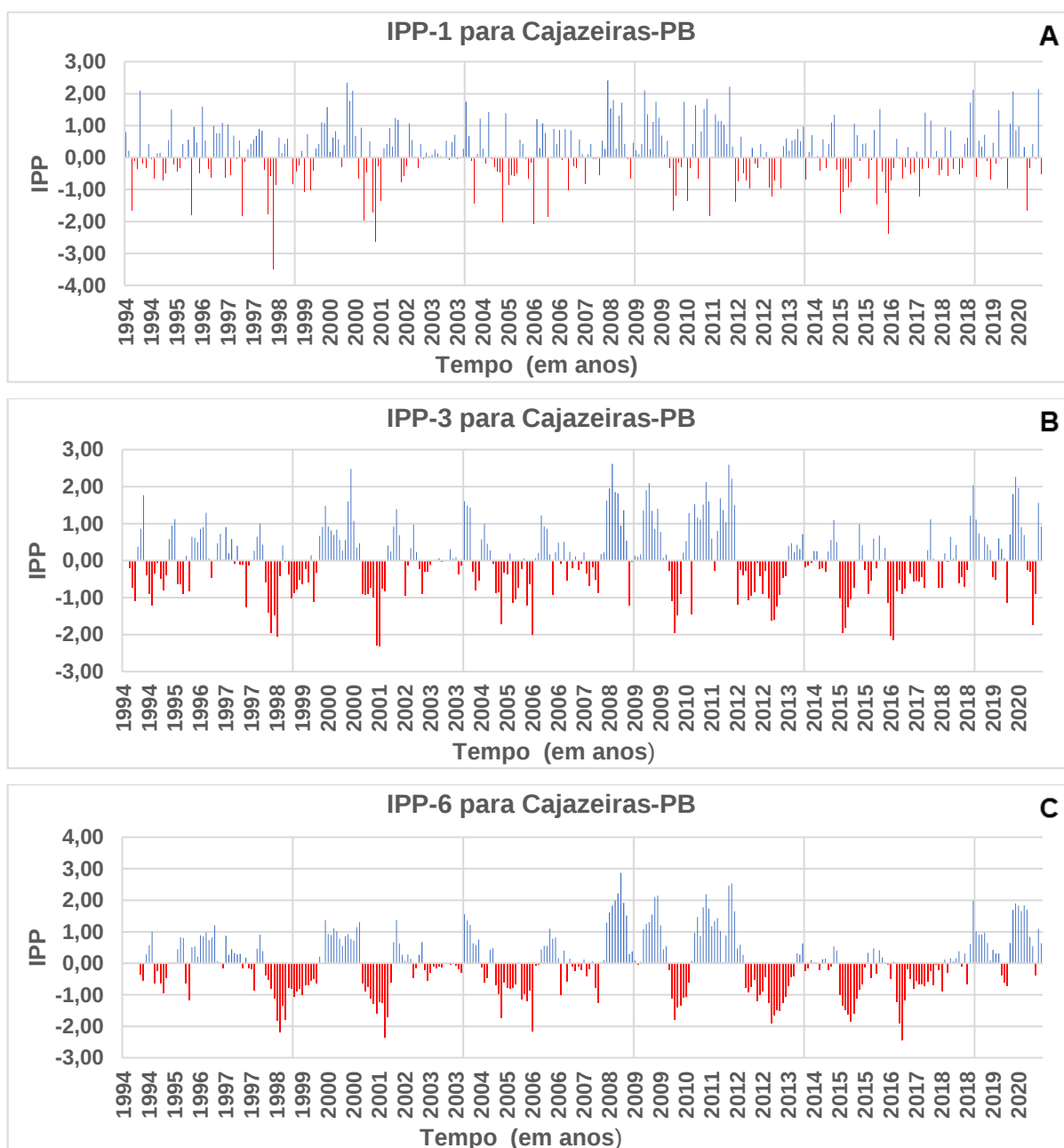
Análise temporal do Posto de Cajazeiras-PB

Na série temporal da estação Cajazeiras, Figura 19 (A) ocorreu a predominância de secas fracas e apenas um evento de seca moderada ocorrida em 1998 por 5 meses, com pico de -3,49, e valor médio de -1,41, Tabela B1 do Anexo B. Os valores do IPP-3 Figura 19 (B) indicaram a ocorrência de cinco secas moderadas, cujos valores médios estão entre -1,06 e -1,32.

A série temporal do IPP-6 Figura 19 (C) mostra que a maior duração de seca moderada foi verificada entre os anos de 2012 a 2013, com 18 meses de duração e com a menor intensidade (-

1,01). Já a maior intensidade de secas moderadas, -1,22, ocorreu no ano de 2001, com duração de 11 meses.

Os valores do IPP-12 identificaram duas secas moderadas. Uma com início em 1998 e final em 1999, com o maior pico (-2,23) no mês de janeiro de 1999, a outra com início em 2014 e final em 2016, apresentou o maior pico (-1,74) no mês de maio de 2015, Figura 19 (D). Além disso, apresentou maior duração em relação as secas dos anos de 2012/2014 e 2016/2018, ambas com período de duração de 23 meses.



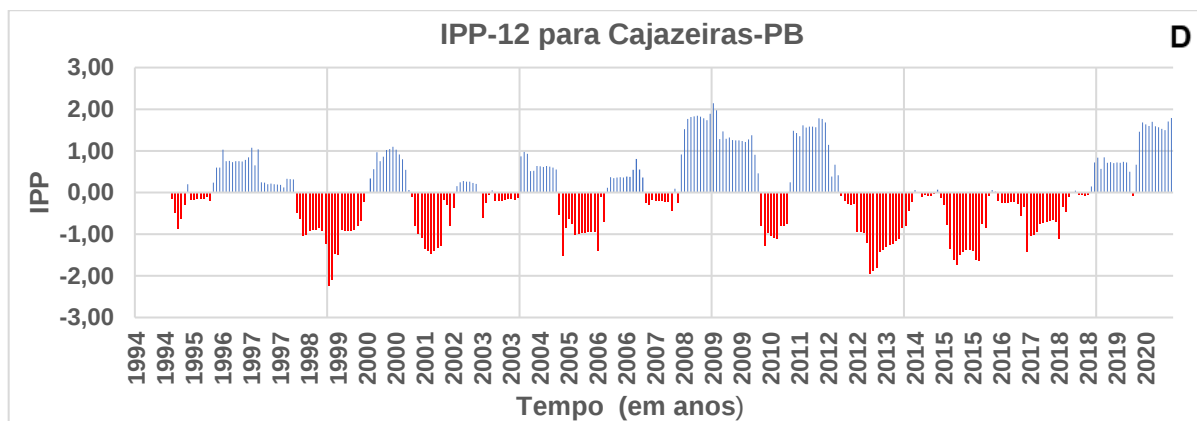


Figura 19. Evolução temporal do IPP-1 (A), IPP-3 (B), IPP-6 (C) e IPP-12 (D) para a estação/posto pluviométrico Cajazeiras.

Análise temporal do Posto de Princesa Isabel-PB

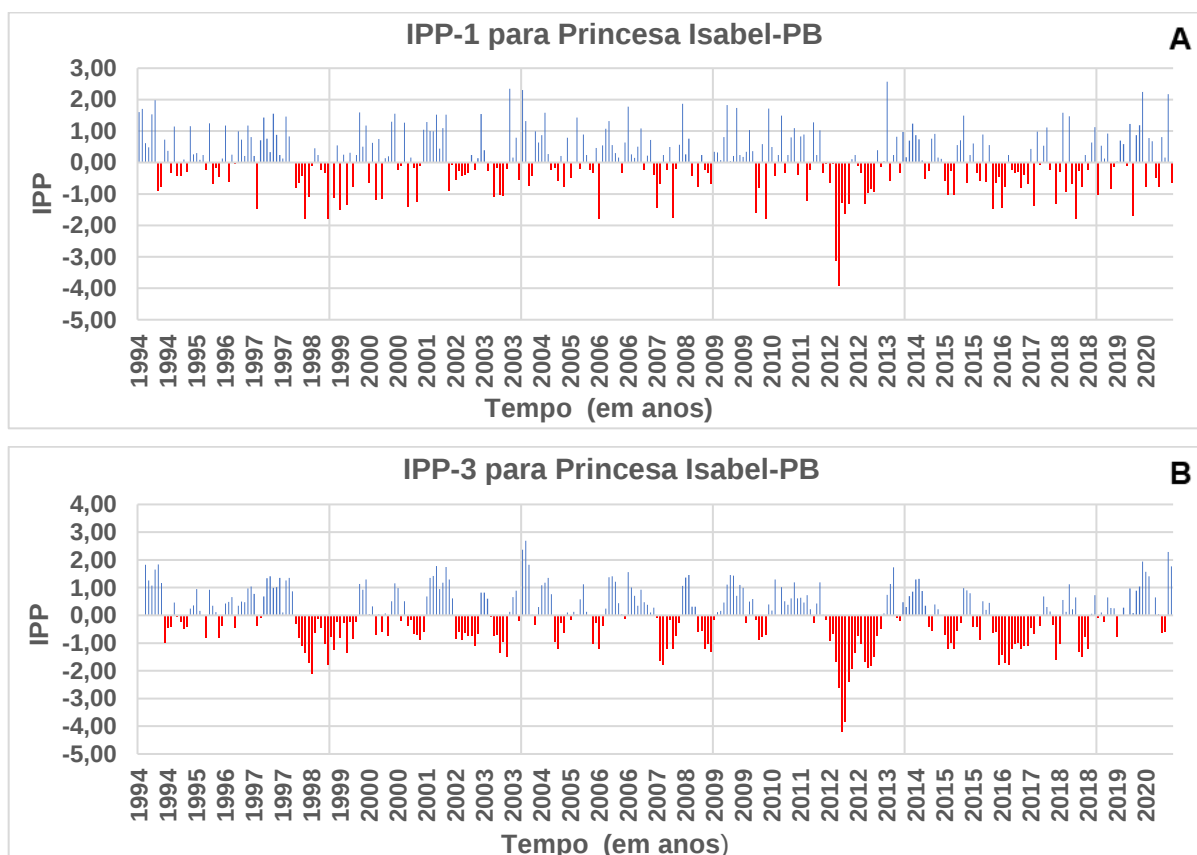
No IPP-1 do posto de Princesa Isabel, Figura 20 (A) só foi identificada uma seca moderada que iniciou em 2011 a 2012, tendo duração de 9 meses, com um pico de -3,92 e seu valor médio de -1,37.

Os valores obtidos para o IPP-3 Figura 20 (C) mostrou que o maior período de seca foi registrado entre os anos de 1998 e 1999, com duração de 20 meses, configurada como seca fraca. Houve também um evento de seca severa, que

ocorreu nos anos de 2011 a 2013 com duração de 18 meses, e dois eventos de secas moderadas.

Em relação ao IPP-6, Figura 20 (C) mostra que a seca severa que ocorreu no SPI-3 entre os anos de 2011 a 2013, mudou a duração, de 18 meses para 22 meses e dando sequência com apenas dois eventos de seca moderada.

No IPP-12 Figura 20 (D) verificou-se a ocorrência de uma seca extrema entre fevereiro de 2012 e janeiro de 2014. Essa seca teve intensidade média de -2,10 e duração de 24 meses. No resto dos anos ocorreram secas fracas ou normais.



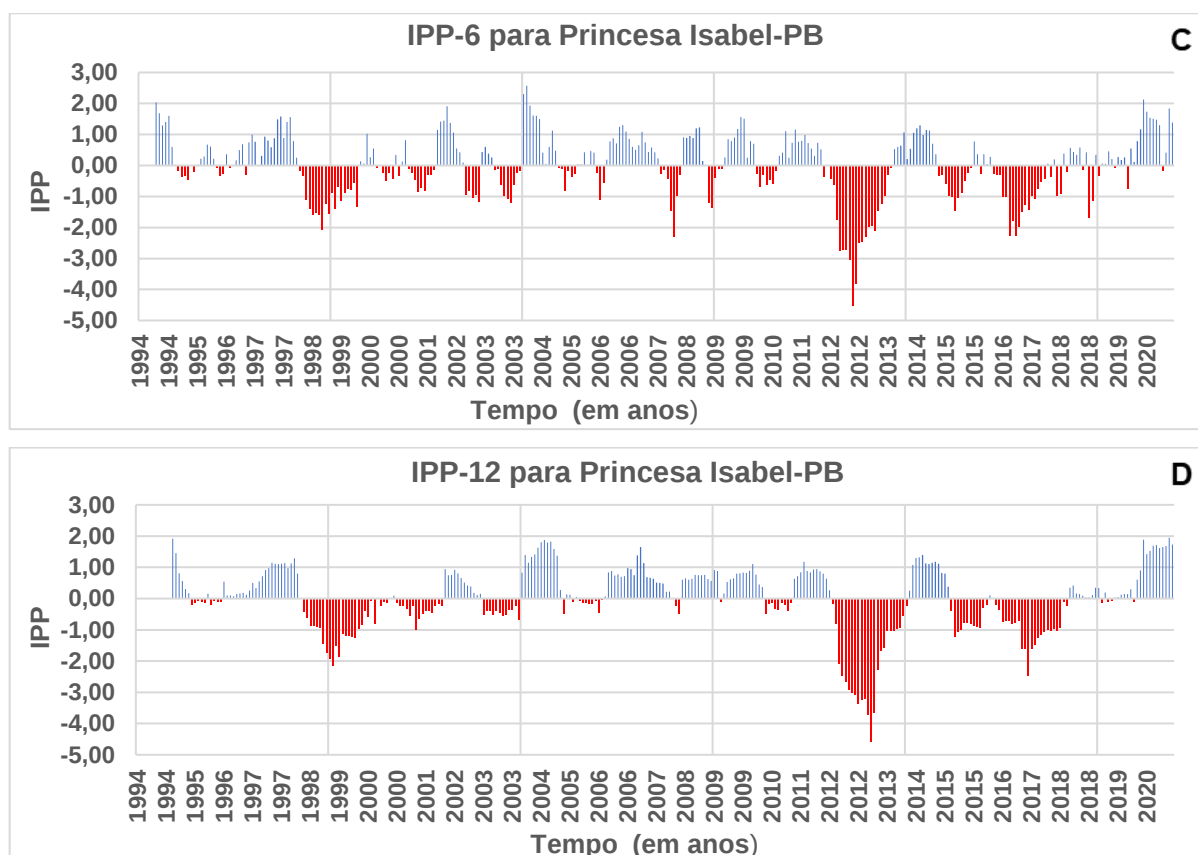


Figura 20. Evolução temporal do IPP-1 (A), IPP-3 (B), IPP-6 (C) e IPP-12 (D) para a estação/posto pluviométrico Princesa Isabel.

Entre os anos de 1997 a 2000 foram verificadas atuações de secas identificadas por todos os SPIs e este fato possivelmente sofreu influência do fenômeno El Niño, principalmente a seca histórica que ocorreu em todo o Estado no ano de 1998. Assim como as secas observadas entre 2014/2016. Como pode ser visto na Tabela 3 deste trabalho que configura, também, episódios de El Niño. As secas observadas em 2012/14 possivelmente foram fortemente influenciadas pelas anomalias da TSM do Oceano Atlântico (Dipolo do Atlântico).

Conclusão

A partir da presente pesquisa, foi possível constatar que o período chuvoso do Estado se situa entre os meses de janeiro a agosto. Setembro a dezembro é o quadrimestre mais seco do Estado. Por efeito da continentalidade e do relevo, chove mais no Litoral do que nas outras três mesorregiões do Estado, com maiores distanciamentos da fonte de umidade, o Oceano Atlântico do Estado, com exceção de parte do Alto Sertão.

Pode-se concluir, também, que os IPPs mudam com o aumento da escala temporal, à medida que as escalas de 1, 3, 6 e 12 meses crescem, as séries vão apresentando menores picos

e os períodos de seca são mais prolongados. O IPP é uma ferramenta valiosa para avaliar a variabilidade espaço-temporal da secura/umidade de uma região uma vez que identifica sequências secas/úmidas como base em valores de eventos mensais.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq) pelo suporte financeiro, e a Universidade Federal de Campina Grande-UFCG.

Referências

- Arai, F. K.; Gonçalves, G. G. G.; Pereira, S. B.; Comunello, É.; Vitorino, A. C. T.; Daniel, O. 2010 Espacialização da precipitação e erosividade na bacia hidrográfica do rio Dourados - MS. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, 30, 922-931,. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162010000500014>.
- Baldo, M. C; DziubatE, E. R; Galiani, D. L. A. 2012 Variabilidade da Pluviosidade Temporal e Espacial na Bacia do Rio Pirapó – PR. Revista Geonorte, Edição Especial 2, 1159 – 1172.
- BRASIL. 2019 Semiárido Brasileiro. Redelimitação do semiárido. Disponível em:

- <https://antigo.mdr.gov.br/irrigacao/semiarido-brasileiro>. Acesso em: novembro de 2021.
- Cao s, Zhang L, He Y, Zhang Y, Chen Y, Yao S, Yang W, Sun Q. 2022. Effects and contributions of meteorological drought on agricultural drought under different climatic zones and vegetation types in Northwest China. *Sci Total Environ*.821:153270. [Crossref], [PubMed], [Google Scholar].
- Cabral Júnior, J.B., Santos E Silva, C.M., DE Almeida, H.A., Bezerra, B.G. And Spyrides, M.H.C. (2019). Detecting linear trend of reference evapotranspiration in irrigated farming áreas in Brazil's semiarid region. *Theoretical and Applied Climatology*, 138(1–2), 215–225.
- Cavus Y, Aksoy H (2019) Spatial drought characterization for Seyhan River basin in the Mediterranean region of Turkey. *Water* 11(7):1331.
- Cavus Y, Aksoy H (2020) Critical drought severity/intensity-duration- frequency curves based on precipitation deficit. *J Hydrol* 584:124312.
- Dabanli, I., Mishra, A. K., & Şen, Z. (2017). Long-term spatiotemporal drought variability in Turkey. *Journal of Hydrology*. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.07.038>.
- De Brito, Y. M. A., Rufno, I. A. A., Braga, C. F. C., et al. (2021). The Brazilian drought monitoring in a multi-annual perspective. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193, 31. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08839-5>.
- Derdous, O., Bouamrane, A., & Mrad, D. (2020). Spatiotemporal analysis of meteorological drought in a Mediterranean dry land: Case of the Chelif basin–Algeria. *Modeling Earth Systems and Environment*. <https://doi.org/10.1007/s40808-020-00951-2>.
- Dikshit A, Pradhan B, Alamri AM. 202. Long lead time drought forecasting using lagged climate variables and a stacked long short-term memory model. *Sci Total Environ*. 755:142638. [Crossref], [PubMed], [Web of Science ®], [Google Scholar].
- Eris E, Cavus Y, Aksoy H, Burgan HI, Aksu H, Boyacioglu H (2020) Spatiotemporal analysis of meteorological drought over Kucuk Menderes River Basin in the Aegean Region of Turkey. *Theoret Appl Climatol* 142:1515–1530.
- Farias, T. Da S. Áreas de propensão a seca no Estado da Paraíba: uma análise espacial dos decretos de situação de emergência e a atuação da operação pipa. *Revista de Geociências do Nordeste*, 6,.71-79, 2020.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Paraíba: IBGE, 2010. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/el8>>. Acesso em: 22 maio 2021.
- Jalal Uddin, M., HU, J., & Islam, A. R. (2020). A comprehensive statistical assessment of drought indices to monitor drought status in Bangladesh. *Arabian Journal Geosciences*, 13, 323. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-05302-0>.
- Kalisa W, Zhang J, Igbawua T, Ujoh F, Ebohon OJ, Namugize JN, Yao F (2020) Spatio-temporal analysis of drought and return periods over the East African region using Standardized Precipitation Index from 1920 to 2016. *Agric Water Manag* 237:106195. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106195>.
- LI, L., Song, X., Xia, L., FU, N., Feng, D., Li, H., Li, Y., 2020. Modelling the effects of climate change on transpiration and evaporation in natural and constructed grasslands in the semi-arid loess plateau, China. *Agric. Ecosyst. Environ*. 302, 107077.<https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107077>.
- Liu, Q. S., Zhang, H., Zhang, Y., & Bai ZHANG, J. (2019). Monitoring drought using composite drought indices based on remote sensing. *Science of the Total Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134585>.
- Macedo, M. J. H.; Guedes, R. V. S.; Sousa, F. A. S.; Dantas, F. R. C. Análise do índice padronizado de precipitação para o estado da Paraíba, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, v. 5, n. 1, p. 204-214, 2010.
- Mahboobeh JS, Nikoo MR, Maryam D, Mohammadali A. 2020. Evaluation of two satellite-based products against ground-based observation for drought analysis in the southern part of Iran. *Nat Hazards*. 102(3):1249–1267. [Crossref], [Google Scholar].
- Marengo, J.A. (2010) Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi_árido do Brasil. *Parcerias estratégicas*, 13, 149–176.
- Mckee, T. B.; Doesken, N.J.; Kleist, J. The relationship of drought frequency and duration at time scales. IN: Eighth Conference on Applied Climatology, Anaheim/CA, 1993.
- Medeiros F. J. de, de Oliveira C. P., Santos E Silva C. M., DE Araújo J. M. (2020) Numerical simulation of the circulation and tropical teleconnection mechanisms of a severe drought event (2012–2016) in Northeastern Brazil. *Climate Dynamics*, 54(9-10), 4043–4057. <http://dx.doi.org/10.1007/s00382-020-05213-6>.
- Nascimento, M. B. DO; Bandeira, M. M.; Araújo, L. E. DE. Variabilidade climática da precipitação do município de Areia/Paraíba, Brasil. *Gaia Scientia*, 13, 24-37, 2019.

- Noguera I, Vicente Serranosm, Domínguez-Castro F, Reig F. 2022. Assessment of parametric approaches to calculate the Evaporative Demand Drought Index. *Intl J Climatol.* 42(2):834–849. [Crossref], [Google Scholar].
- Pedroza, I, C, B. Estimativa da Climatologia Diária da Precipitação e Investigação de Possíveis Influências das Fases da Lua nas Chuvas no Estado da Paraíba: Campina Grande, 2009. 86p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Universidade Federal de Campina Grande.
- Rodrigues CFS, Lima FJC, Barbosa FT. 2017. Importancia do uso adequado da estatística básica nas pesquisas clínicas. *Revista Brasileiro de Anestesiologia*, 67(6):619–625. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjan.2017.01.003>.
- Schwartz C, Ellenburg WL, Mishra Mayer T, Griffin R, Qamer F, Matin M, Tadesse T. 202. A statistical evaluation of Earth-observation-based composite drought indices for a localized assessment of agricultural drought in Pakistan. *Int J Appl Earth Obs Geoinf.* 106:102646. [Crossref], [Google Scholar].
- Vieira, R.M.S.P., Sestini, M.f., Tomasella, J., MarchezinI, V., Pereira, G.R., Barbosa, A.A., Santos, F.C., Rodriguez, D.A., Nascimento, F.R., Santana, M.O., Campello, F.C.B., Ometto, J.P.H.B., 2020. Characterizing spatio-temporal patterns of social vulnerability to droughts, degradation and desertification in the Brazilian northeast. *Environ. Sustain. Indic.* 5, 100016. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2019.100016>.
- Wilhite, D. A., & Glantz, M. H. (1985). Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. *Water International*, 10, 111–120. <https://doi.org/10.1080/02508068508686328.106>.